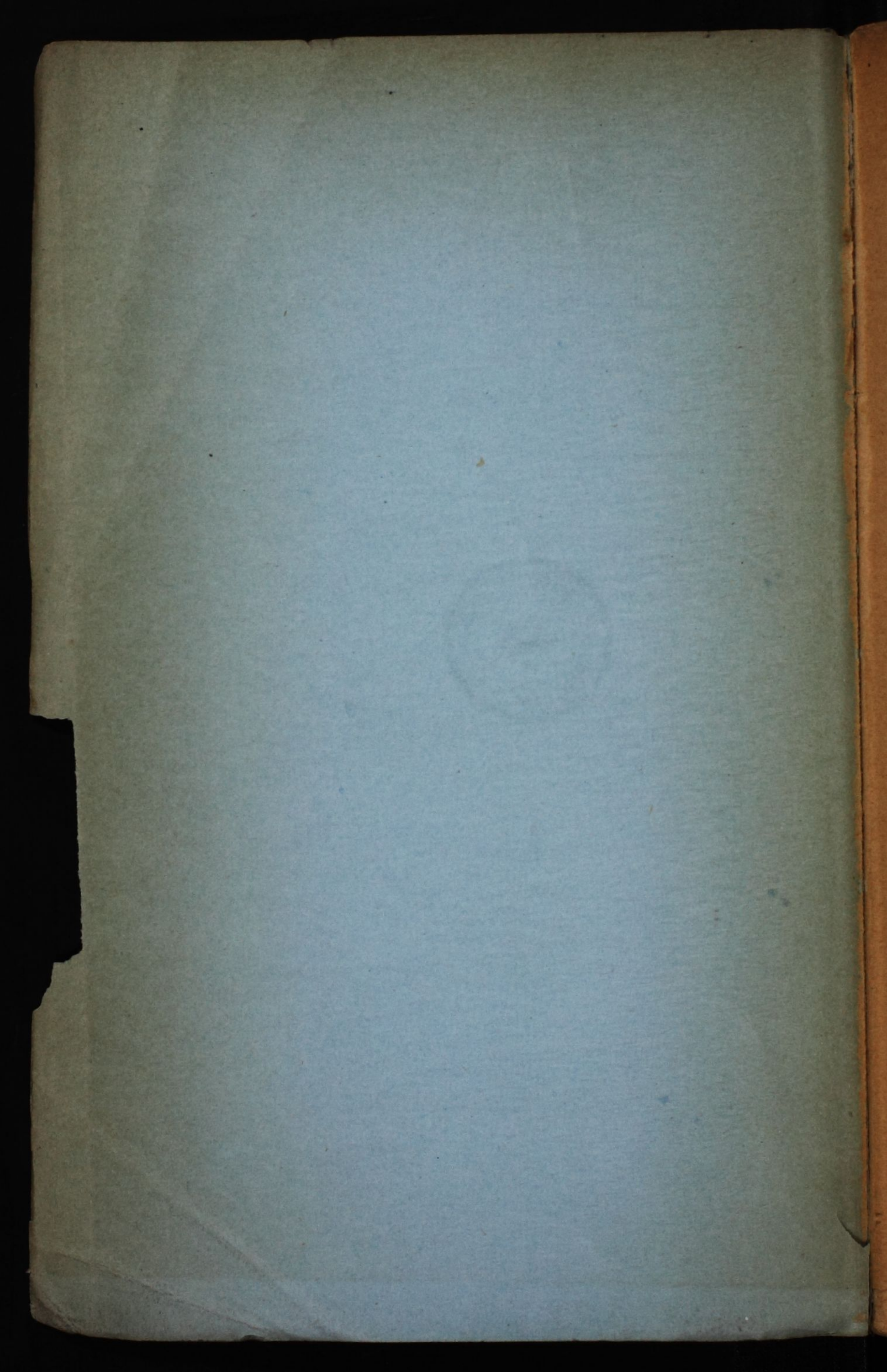






BIBLIOTHÈQUE DES CONNAISSANCES UTILES

MANUEL

DE GÉNIE SANITAIRE

LA VILLE SALUBRE

PRINCIPAUX TRAVAUX DES MÊMES AUTEURS

MANUEL DE GÉNIE SANITAIRE

2 volumes in-18 jésus, illustrés, comprenant :

La Ville salubre, 1 volume in-18 jésus, 342 pages, avec 80 figures cartonné.. 4 fr.

La Maison salubre, 1 volume in-18 jésus, 350 pages, avec 100 fig., cartonné.. 4 fr.

Memento de l'Architecte et de l'Entrepreneur, par L.-A. Barré et Paul Barré fils, 1 vol. in-18, illustré, 1895.

Notes et formules de l'Ingénieur, par L.-A. Barré, Ch. Vigreux, R. P. Bouquet et L. Campredon, 1 vol. in-18, illustré, 11e édition, 1897

Introduction à la science de l'Ingénieur, par J. Claudel et L.-A Barré, 7e édition, 1 vol. in-8, illustré, 1885.

Aide-mémoire des Ingénieurs, par J. Claudel et L.-A. Barré. 10e édition, 2 vol. in-8, illustrés, 1892.

Pratique de l'art de construire, par J. Claudel, L. Laroque et L.-A. 6e édition, Barré, 1 vol. in-8, illustré, 1897.

Charpenterie métallique, par L.-A. Barré, 1 vol. et 1 atlas in-4, 1870.

L'Architecture et les Constructions métalliques, par V. Contamin, L.-A. Barré et Ch. Labro, 1 vol. in-8 et 1 atlas in-4, 1891.

L.-A. BARRÉ
Ingénieur civil, Professeur à l'Association polytechnique
Chevalier de la Légion d'honneur — Officier de l'Instruction publique
ET
PAUL BARRÉ FILS
Professeur à l'Association polytechnique

MANUEL DE GÉNIE SANITAIRE

★

LA VILLE SALUBRE

AVEC UNE PRÉFACE

Par LOUIS MASSON
Inspecteur des Travaux sanitaires de la Ville de Paris.

Avec 80 figures intercalées dans le texte

ASSAINISSEMENT DU SOL ET DE L'AIR — L'EAU — LES EAUX DE PARIS — UTILISATION DES EAUX D'ÉGOUT — ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES — CIMETIÈRES ET CRÉMATION — ALIMENTATION D'EAU ET ASSAINISSEMENT DES VILLES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES — ÉTAT SANITAIRE ET MORTALITÉ

PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
RUE HAUTEFEUILLE, 19, près du boulevard Saint-Germain

1897

PRÉFACE

L'importance des questions d'hygiène publique et privée n'est plus à démontrer aujourd'hui. Grâce aux travaux des savants de tous les pays et à la vulgarisation qui en a été faite, tout le monde est d'accord sur les conditions qu'une hygiène raisonnée réclame des villes et des babitations.

Mais, en pratique, malgré les progrès réalisés, bien des améliorations restent encore à faire, car trop souvent, par raison d'économie, dans beaucoup de localités, on ajourne des travaux qui sont pourtant indispensables pour la santé publique.

M. Louis-Auguste Barré, notre ami et excellent collègue à l'Association Polytechnique, depuis de longues années, Ingénieur des arts et manufactures, connu pour ses nombreux ouvrages techniques, a résumé, avec son fils, M. Paul Barré, sous ce titre : « *Manuel de Génie sanitaire* » tout ce qu'il est essentiel de connaître en ce qui concerne l'assainissement. Un premier volume est consacré à la *Ville*

salubre ». Un second tome traite de la « *Maison salubre* ».

Les auteurs n'ont pas cherché à noyer le lecteur dans des détails. Ils n'ont voulu que marquer les grandes lignes de ces problèmes parfois si complexes et on leur saura gré d'avoir indiqué les ouvrages auxquels on devra se référer pour le développement de chaque question. Mais la concision même du travail de MM. Barré père et fils est son principal mérite, car, sous une apparence modeste, ces deux petits volumes renferment une foule de renseignements condensés qu'on chercherait vainement rassemblés ainsi ailleurs.

Dans la « *Ville salubre* », on étudie d'abord les principes généraux de l'hygiène urbaine, puis les moyens préconisés pour assainir le sol et l'air. Un important chapitre sur l'eau et la tuyauterie est suivi d'un consciencieux exposé de la situation des eaux de Paris.

Le chapitre suivant traite de l'utilisation des eaux d'égout et particulièrement de l'épuration agricole faite à Gennevilliers et à Achères.

Les établissements insalubres, puis les cimetières et la crémation forment des sections à part et le premier volume se termine par des notices très intéressantes sur l'alimentation d'eau et les systèmes d'assainissement employés dans les principales villes de France et de l'étranger, notamment Roubaix, Reims, Tou-

louse, Marseille, Toulon, Londres, Liverpool, Southampton, Bruxelles, Amsterdam, Hambourg, Berlin, Vienne, Naples, Venise, Porto, New-York, Boston, Chicago, Buenos-Ayres, Yokohama, etc., etc., le tout complété par un tableau comparatif de l'état sanitaire, et de la mortalité dans les différents pays.

On se rend compte ainsi comment la question sanitaire a été résolue, selon les conditions si variables dans lesquelles elle se présente sous les différents climats et chez les divers peuples de la terre.

Le texte est accompagné de nombreuses illustrations et de quantités de dessins et de plans qui donnent la plus grande clarté à l'ouvrage.

Dans la « *Maison salubre* » sont indiqués les meilleurs systèmes applicables à l'assainissement des habitations : appareils de filtrage, alimentation d'eau domestique, évacuation des eaux usées, water-closets, siphons, réservoirs de chasse, éviers, systèmes de vidange, écoulement direct à l'égout (avec documents réglementaires), égouts publics et privés, urinoirs, etc.

Dans ce second tome sont aussi indiquées les conditions exigibles de la « *Maison idéale* », puis viennent les installations de bains, les lavoirs, les systèmes d'hydrothérapie et de buanderie, les appareils de chauffage et d'éclairage, la ventilation, les logements insalubres, etc.

Partout, les auteurs ont scrupuleusement cherché

à se procurer les documents les plus récents, et les règlements administratifs qui régissent l'hygiène ont été reproduits à leurs places respectives, en même temps que plusieurs exemples d'installations où les derniers perfectionnements ont été appliqués.

Nous sommes persuadés que « *le Manuel de Génie sanitaire* », de MM. L.-A. Barré et Paul Barré fils, est appelé à rendre de grands services, en vulgarisant de saines notions sur l'hygiène urbaine et domestique, éparses dans des volumes ou brochures souvent difficiles à trouver.

Louis MASSON

Inspecteur des Travaux sanitaires de Paris,
Chevalier de la Légion d'honneur, etc.

LE GÉNIE SANITAIRE

ET SES APPLICATIONS

I. — LA VILLE SALUBRE

CHAPITRE PREMIER

PRINCIPES GÉNÉRAUX D'HYGIÈNE URBAINE

Le génie sanitaire, c'est l'application intégrale des principes de l'hygiène dans les villes comme dans les habitations ; c'est l'ensemble des moyens préventifs à employer, pour que nos aliments, nos boissons, nos maisons, nos villes soient et restent saines, afin de ne pas servir de véhicule aux maladies.

On ne saurait jamais trop prendre de précautions pour garantir la santé publique et celle des individus, car, si l'on se plaint qu'en France la fécondité de la race diminue, il est une mesure de sauvegarde nationale qui s'impose : la conservation des Français qui sont vivants et surtout celle des nouveau-nés, dont il faut restreindre la mortalité avec d'autant plus d'acharnement qu'ils sont de moins en moins nombreux.

Bien des progrès ont déjà été réalisés au point de vue de l'hygiène et ils ont porté leurs fruits ; mais

l'œuvre est à compléter, à étendre sans cesse, parce qu'aussi certains abus, dus uniquement à une déviation morbide de la civilisation, tendent, par contre, à augmenter les dangers que court l'humanité.

En dehors des mesures d'hygiène qui sont applicables à la façon de vivre, à l'alimentation des individus aux divers âges, et dont l'application dépend seule des individus eux-mêmes, il est d'autres mesures d'hygiène urbaine qui ne peuvent incomber qu'aux gouvernements et aux municipalités, parce qu'elles concernent l'assainissement général des cités et des maisons.

Si nos gouvernants et nos édiles ne peuvent être rendus responsables des excès ou du manque de méthode hygiénique des populations, ils sont au contraire reprochables au premier chef des désordres provoqués par l'empoisonnement d'une ville, dû à la malpropreté de ses rues, à la mauvaise qualité de ses eaux, à l'impureté de son air, à la saleté et l'exiguïté de ses maisons, etc.

Il faut dire et répéter qu'un peuple qui a la prétention bien justifiée d'être raisonnable, et par suite libre, doit désirer, avant toute autre réforme sociale, que le premier bien de ce monde, la santé, lui soit assuré, autant qu'il est possible à l'homme intelligent de le faire.

Les mesures nécessaires pour sauvegarder la santé publique d'une ville, comme le dit M. Gustave Jourdan (1), « convergent au même but : l'assainissement de la cité, en assurant à ses habitants la pureté du *sol*, de l'*air* et de l'*eau*, les trois principaux éléments de la salubrité.

« Ces mesures consistent : 1° à ouvrir et à élargir les *voies publiques* pour faire pénétrer l'air et le soleil, dans les quartiers qui en sont privés; 2° à empêcher l'*infection du sol*, par la mise en bon état de viabilité et de propreté

(1) G. Jourdan, *Etudes d'hygiène publique*.

des rues; par l'établissement de promenades et d'espaces couverts de végétaux, dont l'action bienfaisante entretient la pureté de l'atmosphère; et surtout par la construction d'égouts destinés à recueillir la majeure partie des résidus de la vie animale pour les transporter au loin et les utiliser au profit de l'agriculture; 3° à assurer une *distribution d'eau pure*, saine et largement abondante pour satisfaire à tous les usages domestiques et à tous les besoins du service public; 4° à réglementer la *salubrité des constructions;* 5° enfin à éloigner des habitations les lieux de *sépulture* et les *établissements insalubres*, dont la présence au centre d'agglomérations pourrait présenter de sérieux inconvénients. »

CHAPITRE II

ASSAINISSEMENT DU SOL ET DE L'AIR

Voies publiques. — L'accroissement de population des villes sur le même espace conduit, par mesure d'hygiène, à en faire disparaître de plus en plus les vieilles rues sombres, étroites, tortueuses, sales et malsaines, où jamais le soleil ne pénètre, et à les remplacer, autant que faire se peut, par de grandes et larges artères bien pourvues d'air et de lumière. C'est le cas de Paris, où les travaux de voirie ont pris une importance si considérable.

Pour les villes nouvelles, comme celles des États-Unis, où l'on n'a nullement à tenir compte du passé et où l'espace ne manque jamais, on profite au contraire, puisqu'on les construit de toutes pièces, des enseignements de l'expé-

rience, et, dès leur fondation, ces villes sont constituées par de belles et vastes voies, où tous les perfectionnements modernes sont mis en œuvre, où tout est traité largement.

Revêtement des voies publiques. — Chaussées. — Il est nécessaire de revêtir les voies publiques par une couche imperméable, surtout dans les grandes villes, non seulement pour rendre la circulation plus commode, mais aussi pour empêcher les eaux pluviales de pénétrer dans le sol (ce qui provoquerait l'humidité de la partie inférieure des maisons) et interdire aux matières organiques leur pénétration dans ce même sol qu'elles infesteraient.

Un bon revêtement doit être en matériaux durs, pour pouvoir résister au poids des voitures ; il doit offrir une surface aussi unie que possible et présenter une pente et un bombement laissant écouler dans les ruisseaux les eaux répandues sur le sol.

A Paris, on emploie pour les chaussées l'empierrement, le pavage en pierre, l'asphalte, et le pavage en bois.

Surface des chaussées à Paris en 1891.

Chaussées empierrées....	1.509.000	mètres carrés.
Pavage en pierre........	6.355.000	—
Asphalte...............	301.500	—
Pavage en bois.........	554.000	—

Empierrement. — Les matériaux employés pour l'empierrement des voies publiques de Paris sont, par ordre de résistance, le porphyre de Voutré, la meulière compacte, le caillou ou silex pyromaque.

Pour empierrer les chaussées, on répand sur une épaisseur de 25 à 30 centimètres le porphyre, la meulière ou le silex, puis on comprime par des cylindres à vapeur ; on

facilite la liaison des matériaux, qu'on arrose souvent, en répandant une couche de sable.

L'empierrement des chaussées ou *macadam* est coûteux, produit la transformation des chaussées en véritables lacs de boue pendant les grandes pluies, et occasionne beaucoup de poussière, en temps sec. Aussi, depuis 1861, Paris a-t-il vu transformer ses principales voies empierrées en chaussées mixtes, comprenant une zone centrale d'empierrement et des revers pavés de chaque côté; actuellement, la tendance est de substituer à ces systèmes le pavage en bois.

Pavage en pierre. — Les pavés en pierre se font en grès durs des vallées de l'Yvette, de la Juine et de l'Essonne, d'Épernon, en granit des Vosges, en quartzite de l'Ouest, en arkose d'Autun, en porphyre de Quénast (Belgique), etc.

Les pavés doivent présenter le plus d'homogénéité possible et la plus grande égalité de résistance à l'usure. A cet égard, le porphyre de Quénast et le granit des Vosges sont excellents, mais le porphyre a le défaut d'être glissant, ce qui en restreint l'usage aux caniveaux qui bordent les chaussées empierrées.

Les dimensions des pavés sont le plus souvent de 16 centimètres de haut, avec une longueur égale à 1 fois 1/2 leur largeur ($0^m,10$ sur $0^m,16$; $0^m,12$ sur $0^m,18$; $0^m,14$ sur $0^m,20$).

Les pavés parallélipipédiques sont juxtaposés les uns contre les autres sur un lit de sable de 10 à 20 centimètres (1); on les consolide par un battage et l'on répand « sur le pavage » une couche de sable épaisse de 1 à 2 centimètres.

(1) Pour les voies parcourues par des tramways et dans celles à grande circulation, la fondation du pavage en pierre se fait sur un it de béton de ciment de 15 centimètres.

Les chaussées pavées en pierre, par suite de l'insuffisance de leur fondation, s'altèrent rapidement.

Le bon pavage en pierre peut durer 20 ans sans être refait et est économique pour les voies parcourues par de lourdes voitures.

Asphalte. — L'asphalte, calcaire imprégné de bitume, provient de Seyssel-Pyrimont (Ain) et de Val-Travers en Suisse.

La roche asphaltique, réduite en poudre, est chauffée à plus de 100 degrés et répandue sur une couche de béton de ciment de 15 à 20 centimètres d'épaisseur, revêtue d'un enduit en mortier; on comprime alors fortement à l'aide de pilons et de rouleaux et l'on obtient une surface aussi dure que la roche primitive.

Ce revêtement est très doux, mais glissant par les pluies; il faut y répandre souvent du sable.

L'asphalte s'emploie pour les voies à circulation légère, où l'absence de bruit est nécessaire, et l'on en fait des passerelles pour piétons à travers des chaussées d'empierrement.

Pavage en bois. — Le pavage en bois est appliqué à Londres depuis longtemps et à Paris depuis 1880.

On peut appliquer ce système de la manière suivante :

On fait, sur un sol bien dressé, une fondation de 15 à 23 centimètres d'un béton composé de 1 partie de ciment Portland et de 7 d'un mélange comprenant 1/3 de sable pour 2/3 de cailloux. On dame la fondation à la pelle, on lisse la surface, puis on la règle à la cerce, au moyen d'un enduit de mortier fin de ciment Portland. Le bombement est 1/60e de la largeur de la chaussée (fig. 1).

3 ou 4 jours après, on pose debout des pavés en bois



Fig. 1 — Pavage en bois.

résineux (sapin rouge de Suède, etc.) de $0^m,075$ ou $0^m,08$ de large, $0^m,22$ de long et $0^m,15$ de haut. On trempe ces pavés pendant 20 minutes dans une composition chaude de coaltar, de créosote et de craie argileuse, pour les empêcher de pourrir.

Les pavés sont posés en rangées perpendiculaires à l'axe de la chaussée et très rectilignes; l'écartement des joints transversaux est assuré par des réglettes de 1 centimètre posées au fond des joints.

Les joints sont ensuite remplis : 1° sur les 2 ou 3 centimètres de fond au moyen d'un mélange de brai et de créosote coulé à chaud; 2° sur le surplus de la hauteur au moyen d'un coulis de mortier de sable fin et de ciment Portland; souvent même on garnit toute la hauteur disjointe en mortier de ciment liquide.

Les rangées transversales sont encadrées entre 2 ou 3 rangées longitudinales; entre la dernière rangée longitudinale et la bordure des trottoirs, on laisse un espace libre de 3 à 4 centimètres, que l'on remplit de glaise plastique ou de sable, pour faciliter la dilatation. Le tout est recouvert de fin gravier.

Au bout de 2 ou 3 jours, on livre à la circulation. On doit renouveler le sablage plusieurs fois par an. Les pavés en bois doivent être remplacés tous les 5 ou 7 ans.

A Paris, le pavage en bois est effectué avec le sapin du Nord ou pin sylvestre, avec le pin des Landes ou pin maritime et avec le pitchpin.

Ce mode de pavage supprime le bruit, la boue et la poussière et procure une circulation facile; il est peu glissant, mais il doit être souvent lavé et sablé.

Trottoirs. — Autrefois, les trottoirs étaient constitués simplement par de la terre ou étaient pavés.

A Paris, on fait maintenant les trottoirs en granit, pour les voies très fréquentées, en bitume pour les autres.

Surface des trottoirs de Paris en 1891.

Trottoirs en bitume.....	2.969.400	mètres carrés.
— granit......	705.900	—
Revers pavés...........	90.100	—
Revers en terre	1.400.000	—

Voies privées. — Il existe à Paris plus de 900 voies privées (passages, impasses, ruelles, etc.), dont la viabilité laisse parfois à désirer et qui constituent quelquefois des foyers d'infection.

Lorsque des voies privées sont ouvertes, l'Administration a le pouvoir de les faire fermer à leurs extrémités, si les propriétaires ne veulent pas exécuter les travaux d'assainissement prescrits, mais elle est désarmée ensuite pour rendre obligatoire l'établissement, dans ces voies, des conduites d'eau du service public, des égouts, des appareils d'éclairage, etc.

L'ordonnance du 21 mars 1888 sur les conditions de salubrité des voies privées a été jugée insuffisante et une nouvelle réglementation propose l'assimilation des voies privées aux voies publiques, dans l'intérêt supérieur de l'hygiène parisienne.

Nettoiement des voies publiques. — Les opérations pour l'entretien des voies publiques d'une ville sont : le *balayage*, l'*arrosage* et l'*enlèvement des boues et immondices*.

Balayage. — A Paris, le balayage est exécuté par la Ville, en exécution de la loi du 26 mars 1873. La surface balayée tous les jours était de 15.562.000 mètres carrés, en 1891.

Autrefois, ce balayage était exécuté au moyen de balais de bouleau ou de piazzava. Maintenant, il est opéré, outre les balais, par des machines traînées par des chevaux, pouvant nettoyer 5.000 mètres carrés par heure.

Les raclettes en caoutchouc nettoient rapidement les trottoirs et les chaussées asphaltées ou pavées en bois.

Arrosage. — « L'arrosage fréquent des voies publiques, surtout pendant les grandes chaleurs, contribue à l'assainissement de la ville en empêchant la formation des amas de poussière et en entretenant un certain degré de fraîcheur dans l'atmosphère (1). »

A Paris, l'arrosage s'effectue à la lance et au tonneau en bois ou en fer.

L'arrosage à la lance, le moins coûteux, et le plus rapide, s'étend tous les jours. En 1891, 3.143.000 mètres carrés étaient arrosés par ce procédé, contre 5.464.000 mètres carrés arrosés au tonneau. Il y avait 4.500 bouches pour l'arrosage à la lance et 240 appareils de grand débit pour le remplissage des tonneaux.

L'arrosage à la lance s'opère à l'aide de tuyaux articulés se vissant sur les bouches d'eau placées sous les trottoirs et se terminant par une lance en cuivre.

A Paris, une ordonnance de police du 20 juin 1851 a prescrit aux propriétaires de faire arroser, au moins une fois par jour, pendant les grandes chaleurs, la partie de la voie publique au-devant de leurs maisons, boutiques, jardins, etc.

Emploi de l'eau de mer pour l'arrosage. — A Liverpool et dans d'autres villes côtières anglaises, l'alimentation en eau douce étant insuffisante, on emploie parfois l'eau de mer pour arroser les rues. Aucun inconvénient

(1) Gustave Jourdan, *Etudes d'hygiène publique*. 1892.

n'en est résulté et même on a constaté la supériorité de l'arrosage à l'eau de mer sur celui à l'eau douce pour les chaussées caillоutées, macadamisées ou pavées en bois. Il se forme sur ces chaussées une sorte de vernis si solide que l'arrosage ne nécessite que la moitié de l'eau qu'il faudrait si l'on employait l'eau douce. On a constaté cependant que de trop fréquents arrosages à l'eau de mer rendent les chaussées glissantes ; il est donc bon de faire néanmoins, dans les villes côtières, de temps en temps, un arrosage à l'eau douce.

L'eau salée n'a non plus aucune influence défavorable sur le lavage des égouts.

Aussi, Great-Yarmouth, Littlehampton, Bournemouth, etc., villes de bains anglaises, ont-elles établi des distributions régulières d'eau de mer.

Enlèvement des boues et immondices. — Il faut étudier séparément l'enlèvement des neiges et glaces, et celui des résidus du balayage et des ordures ménagères.

Neiges et glaces. — Une ordonnance de police du 14 décembre 1851 oblige les propriétaires, à Paris, à faire casser la glace dans les ruisseaux ou caniveaux, à balayer la neige sur les trottoirs ou devant les maisons et à la relever en tas, à jeter sur le sol, en cas de verglas, du sable, des cendres, du mâchefer, etc.

La Ville, de son côté, fait balayer la neige sur les chaussées, et, autant que possible, la projette dans l'égout. Mais quand la neige ne peut être projetée immédiatement à l'égout, on la relève en cordons sur la chaussée, de façon à maintenir des zones suffisantes de circulation pour piétons et voitures, et on l'enlève plus tard au moyen de tombereaux qui la déversent dans la Seine, dans les égouts ou dans des emplacements *ad hoc*.

Le sel marin, répandu sur la neige, produit un mélange réfrigérant de 12 à 15 degrés au-dessous de zéro, qui fait fondre la neige et la transforme en une boue noirâtre. L'emploi des traîneaux chasse-neige et des machines-balayeuses munies de rouleaux-brosses à fil d'acier est de plus en plus abandonné.

Résidus du balayage et ordures ménagères. — On estime de 200 à 300 tonnes par an et par 1.000 habitants le rebut des villes.

A Paris, une ordonnance de police du 1er septembre 1853 autorisait les habitants à déposer, dans la matinée, les résidus du ménage sur la voie publique. Les abus qui en résultèrent provoquèrent l'arrêté du 11 septembre 1870, qui obligea les habitants à déposer leurs ordures dans des récipients, dont le contenu devait être déversé chaque matin dans les tombereaux de nettoiement. Des instructions concernant le balayage et l'enlèvement des neiges et glaces furent publiées le 27 décembre 1871 et un arrêté du 4 juin 1875 défendit le dépôt des ordures ménagères sur la voie publique.

L'arrêté du 24 novembre 1883, modifié par celui du 7 mars 1884, impose désormais à tout propriétaire de mettre à la disposition de ses locataires un ou plusieurs récipients communs, de capacité suffisante pour contenir tous les résidus ménagers de la maison. Les récipients doivent être mis à la disposition des locataires, dans l'intérieur de l'immeuble, dès 9 heures du soir. Ces récipients doivent être déposés sur la voie publique une heure avant l'arrivée des voitures d'enlèvement, et pendant ce temps les chiffonniers ont le droit de répandre, sur une toile, le contenu des boîtes à ordures, pour y chercher ce qui peut leur convenir, mais à la condition de remettre ensuite les résidus inutilisés dans les récipients, sans en répandre sur la voie publique.

Ces récipients, surnommés « boîtes Poubelle », du nom du Préfet de la Seine qui les institua, ont rendu les plus grands services. On pourrait cependant leur reprocher de ne pas être couverts et de ne pas être désinfectés après le vidage.

Autrefois, l'enlèvement des ordures ménagères de Paris était confié à des industriels qui les transformaient dans la banlieue en engrais de culture maraîchère. Mais à mesure que l'on a construit tout autour de Paris, ces dépôts d'immondices sont devenus dangereux.

Aujourd'hui, la Ville concède l'entreprise par voie d'adjudication et les entrepreneurs peuvent tirer tel parti qu'ils jugent convenable des produits de l'enlèvement, à condition de n'établir aucun dépôt à moins de 2 kilomètres des fortifications. Il est interdit de jeter aucun débris dans les bouches d'égouts, dans les terrains vagues ou dans les ruisseaux.

Le système actuel est très onéreux pour les finances parisiennes.

Aussi est-il question, depuis longtemps, de brûler les ordures ménagères dans des fours spéciaux ou de les envoyer au loin, pour les utiliser au profit de l'agriculture.

Utilisation agricole et industrielle des ordures urbaines. — Le transport des immondices parisiens par eau semble moins praticable que celui par chemin de fer, qui permettrait de les diriger rapidement sur la Champagne et la Sologne pour y servir d'engrais (1). L'utilisation des ordures ménagères comme engrais (*gadoue*) pour la culture ne peut d'ailleurs être réalisable qu'à la condition d'être plus économique, pour les agriculteurs, que le fumier de ferme.

(1) Voy. Du Mesnil, *Nettoiement de la voie publique, enlèvement des ordures ménagères, leur utilisation* (*Ann. d'Hyg.*, 1884, tome XII, p. 305). — *De l'enlèvement, du transport des immondices et ordures ménagères* (*Ann. d'Hyg.*, 1886, tome XVI, p. 179.) — *La viabilité de Paris* (*Ann. d'Hyg.*, 1887, tome XVII, p. 247). — *Les ordures ménagères de Paris, éloignement et utilisation agricole* (*Ann. d'Hyg.*, 1893, tome XXX, p. 549.)

D'après M. Codrington, les rebuts des maisons à Londres se composent des proportions suivantes :

Cendres	526
Charbon incomplètement brûlé (fraisil)	288
Déchets végétaux ou animaux	142
Tessons de poteries, etc	29
Charbon	1 1/2
Os	2 1/2
Chiffons	4 1/4
Vieux fer	3 1/2
Autres vieux métaux (laiton, étain, etc.)	0 1/4
Verre blanc	0 3/4
Verre noir	2 1/4
Total	1000

Les débris du commerce se composent de papier, de paille, de copeaux, de verre, de poteries, de cendres, de débris de briques, de fruits et de poissons pourris, etc. Enfin les détritus des marchés sont formés de matières végétales et animales. Toutes ces matières, avec celles du balayage des rues, constituent les immondices des villes (dans lesquels on ne comprend pas les matières fécales).

A Londres, les cendres et le fraisil sont tamisés et vendus aux briquetiers. On trie, dans le reste, ce qui est utilisable, puis on l'expédie par terre ou par eau. On emploie les matières dures pour les fondations de route. Les détritus organiques, mêlés aux balayures, sont vendus comme engrais.

Liverpool et Dublin s'en débarrassent en les chargeant sur des bateaux qui les déversent dans la mer, au large.

C'est à Saint-Louis, aux États-Unis, que fonctionne une des plus intéressantes usines d'utilisation des ordures que l'on ait construites. Voici quelques détails à ce sujet (1) :

(1) D'après *American Architect.*

Les voitures, amenant les ordures, gravissent un plan incliné et viennent jeter leur contenu dans d'énormes cylindres verticaux entourés d'une enveloppe, dans laquelle circule un courant de vapeur surchauffée, de manière à débarrasser les ordures de l'humidité qu'elles contiennent. L'eau produite par cette évaporation est condensée et rejetée dans les égouts.

Après une dessiccation suffisante, on remplit les cylindres avec du pétrole, qui y séjourne de 30 à 40 heures et dissout toutes les matières grasses. Ce pétrole est ensuite pompé et distillé à la vapeur ; les vapeurs sont condensées pour être utilisées à nouveau, tandis que le résidu graisseux, brunâtre, est mis en barriques et, après blanchiment, est utilisé pour la fabrication de savons.

Le dernier résidu est encore soumis à une nouvelle dessiccation et extrait des cylindres sous forme d'une masse brune sans odeur désagréable et ne contenant plus que 5 à 6 o/o d'eau. Cette masse, n'ayant pas été soumise à une température suffisante pour décomposer les parties solides, renferme encore de l'azote et des phosphates, qui en font un excellent engrais. On la broie grossièrement et le produit du broyage est vendu aux agriculteurs, de 45 à 60 fr. la tonne ; il paraît même que cet engrais a rencontré une faveur telle que la demande excède la production.

Incinération des ordures urbaines. — L'incinération des ordures des villes a été pratiquée pour la première fois à Paddington (Londres) en 1870, puis à Manchester (1875), mais les fours, défectueux, ne donnèrent pas de résultats encourageants. L'idée fut reprise à Birmingham, où fut installé, en 1876, le premier four pratique ; ce premier succès porta ses fruits et en 1894 plus de 55 villes anglaises employaient le procédé et brûlaient leurs ordu-

res dans 570 fours. Parmi ces villes citons : Londres, Nottingham, Leeds, Bradford, Bolton, Preston, Hull, Newcastle, Glasgow, Manchester, Southampton, etc.

Dans beaucoup de ces fours, la chaleur des foyers de combustion y actionne des machines à vapeur utilisées pour la traction des chemins de fer, l'élévation des eaux, l'éclairage électrique. Berlin a installé 6 fours semblables brûlant chaque semaine 200 tonnes d'ordures dont les cendres servent d'engrais.

A Manchester, on emploie depuis 1877 des fours en briques dans lesquels on jette, par un trou, les immondices (préalablement tamisées pour en séparer les cendres et le poussier de fraisil) qu'on brûle avec du charbon. Ces fours, dont la température intérieure ne dépasse pas 350 degrés, ne dégagent aucune odeur. On brûle environ 4.700 kilos d'immondices par 24 heures et par 2 mètres carrés de surface de grille. Les cendres produites sont moitié du poids primitif des matières introduites; on les emploie pour faire du mortier.

A Birmingham, on brûlait ensemble dans des fours, en 1888, les immondices de la ville avec les matières fécales apportées par des tinettes et desséchées.

A Chicago, Milwaukee, Alleghany, Minneapolis (États-Unis), etc., on brûle les immondices dans des fours *ad hoc* depuis 1888.

A Chicago, au lieu de transporter la masse des immondices vers un endroit central où est installé un four à demeure, on a trouvé plus pratique de transporter le four lui-même aux endroits où il est nécessaire. M. Welles est l'inventeur de cette crémation ambulante.

Les ordures de Chicago une fois brûlées sur place, on enlève les cendres et les scories, qui forment une quantité négligeable comparée au volume des détritus qui les ont produites.

Les ordures ménagères renfermant des tessons de bouteilles, des poteries, des vieilles boîtes de conserves, des cendres, etc., qui entraveraient l'opération, les ouvriers trient préalablement ces matières avec un long rateau. Les plus combustibles sont introduites dans la partie postérieure du four et servent à activer la combustion ; les débris de légumes, etc., sont jetés dans le foyer par une trémie supérieure ; enfin, les parties reconnues incombustibles sont emportées par des tombereaux qui suivent le four ambulant et en recueillent les cendres et scories produites.

Le four Welles ressemble à une locomotive ; une température intense y est maintenue par l'injection continuelle et l'ignition de pétrole brut. Ces crématoires ambulants, traînés par des chevaux, parcourent tous les matins les rues de Chicago et en brûlent à mesure les ordures. La fumée produite n'est certainement pas favorable à la pureté de l'air. Aussi, malgré les avantages économiques de l'appareil, y a-t-il lieu de le perfectionner pour le rendre plus hygiénique.

D'après M. Ach. Livache (1), aux États-Unis, sur 16 villes comptant plus de 200.000 habitants, l'utilisation des ordures ménagères est faite actuellement dans 9 de ces villes et la crémation dans 2. Les ordures sont utilisées, à l'état sec, après avoir subi un traitement à la vapeur d'eau (Philadelphie, New-York) ou à la benzine ou au naphte (Cincinnati, New-Orléans, etc.), en vue d'en séparer la matière grasse.

Le système consistant à brûler les ordures donne en général, d'après M. A. Livache, une combustion incomplète et produit des odeurs infectes qui provoquent les plaintes du voisinage.

(1) Livache, *Traitement des ordures ménagères*. (*Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, février 1897.)

A Atlantic-City, afin d'arriver à une combustion plus complète, on mélangeait ces ordures avec une petite quantité de houille où l'on faisait arriver l'air nécessaire à la combustion après l'avoir chauffé au travers de récupérateurs de chaleur; les résultats médiocres de ce système l'ont fait abandonner et remplacer par l'envoi de gaz combustibles produits par un appareil spécial.

A Philadelphie, le garbage vert, traité soit par incinération, soit par la vapeur d'eau sous pression, donne comme résidus: soit des cendres (5 o/odu volume primitif), pour le premier système, qui se vendent jusqu'à 12 fr. 50 la tonne pour l'agriculture; soit une matière grasse pour le 2e système, qui se vend également comme engrais.

Le professeur Forbes, a fait en 1896, à l'Association britannique des sciences, l'exposé suivant d'un système de destruction par le feu des ordures ménagères des villes. « Tous les détritus d'une ville, soigneusement recueillis, sont transportés dans des voitures closes, autoclaves, à une usine munie d'appareils à combustion, les *destructors*. On sait que les ordures contenant, en outre des épluchures végétales, toutes sortes de papiers gras, de fibres et de détritus organiques, brûlent fort bien.

« La chaleur dégagée sert à produire dans des chaudières, placées sur le parcours des gaz de la combustion, de la vapeur. On pourrait évidemment se servir de cette vapeur pour actionner directement des machines dynamo-électriques. Mais M. Forbes pense qu'il est préférable de l'utiliser à élever de l'eau dans les réservoirs, d'où elle s'écoulerait ultérieurement — aux heures voulues — pour faire marcher des turbines commandant elles-mêmes les appareils dynamo-électriques.

« On constituerait ainsi de puissants réservoirs d'énergie, permettant de faire travailler les moteurs d'une façon constante ou intermittente, suivant les besoins.

« La combustion des ordures d'une ville correspond à peu près à la quantité d'énergie nécessaire à son éclairage électrique, calculée sur la moyenne de 1,75 de lampe-heure (16 bougies) par habitant.

« Un jour viendrait donc où une ville n'aurait plus besoin, pour s'éclairer, que de s'assainir. En même temps qu'elle se débarrasserait de ses ordures, sources d'épidémies, elle en ferait des sources de lumière et de bien-être. »

Promenades et plantations. — Il est de toute utilité, dans une grande ville comme Paris, qui a 7.802 hectares, de réserver le plus possible de grands « espaces ouverts » qui, tout en servant de promenades, peuvent contribuer à assainir la ville, grâce au renouvellement de l'air vicié par une nombreuse population accumulée, et grâce à l'influence bienfaisante de plantations choisies.

Les arbres, outre l'ombrage qu'ils procurent, ont une double action hygiénique. Tandis que leurs feuilles dégagent de l'oxygène par suite de la décomposition de l'acide carbonique, leurs racines absorbent une partie des matières organiques, qui, ainsi, n'infectent plus le sol.

A Paris, les grandes artères sont munies d'arbres (platanes, marronniers, ormes, sycomores, paulownias, etc.), et dans les quartiers des squares, parcs, promenades et jardins fleuris ont été établis, couvrant une surface totale de 1.912 hectares, y compris les bois de Boulogne et de Vincennes.

En 1889, les voies publiques de Paris avaient un développement de 949.506 mètres, dont 236.019 mètres plantés d'arbres.

Au 1er janvier 1891, Paris comptait 84.083 propriétés bâties.

Microbes de l'air. — M. Miquel donne la moyenne générale annuelle des bactéries récoltées par mètre cube d'air (1) :

	A Montsouris :	Au centre de Paris :
En 1884........	480.........	3.480
— 1887........	390.........	3.800
— 1890........	345.........	4.790
— 1893........	295.........	6.040

L'air du parc de Montsouris s'est donc purifié, par suite de la disparition des usines et des dépotoirs et de l'embellissement du parc. Au contraire, l'air du reste de Paris voit augmenter chaque jour le nombre de ses microbes, ce qui tiendrait à ce que, sous prétexte de nettoyer l'intérieur des logis, on secoue de plus en plus par les fenêtres les objets où s'accumulent les poussières que l'on conservait jadis au-dedans. Les bactéries ne sont pas toutes dangereuses, mais il y en a toujours trop qui le sont et c'est pratiquer une hygiène mal entendue que de les répandre à flots dans l'atmosphère des villes. Il faudrait donc tuer les germes avant de les semer.

Microorganismes du sol. — Les microorganismes sont nombreux dans le sol. Ils y vivent à la faveur de la richesse de ce sol en matières organiques, provenant des déchets de la vie; mais cette richesse diminue rapidement avec la profondeur, et à 1 mètre de la surface d'un sol non remué, il n'y a presque plus de microbes. Mais la plupart de ceux qu'on y trouve sont pathogènes et c'est là qu'ils se conservent le plus facilement.

Souvent, le sol filtre les microorganismes de l'eau; c'est même cette propriété que l'on a mise en œuvre pour

(1) Miquel, *Etude sur les poussières organisées de l'atmosphère* (*Ann. d'Hyg.*, 1879, tome II, p. 226) et *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*, 1879-1895.

utiliser les eaux d'égout (voir plus loin) ; mais, par contre, le sol peut aussi rendre des microbes à l'atmosphère que nous respirons et c'est là que réside le danger.

Comme le dit le Dr Jules Arnould (1), « les germes, pathogènes ou non, s'échappent certainement des couches superficielles du sol, où ils sont le plus abondants, avec la poussière qui se produit en temps sec et se soulève par le vent ou sous les chocs divers, plus à la ville qu'à la campagne, à cause de la circulation des chevaux et des voitures et de la trépidation que le passage de ces dernières imprime au sol urbain. Flugge ajoute que les microorganismes peuvent encore, de la surface du sol, être introduits dans nos demeures et parvenir à nos organes, par l'intermédiaire des légumes qui poussent en terre ou près de terre, surtout s'ils sont mangés crus; par les semelles des individus qui ont foulé le sol contaminé ou les instruments qui ont servi à le cultiver ; par les insectes, les mouches, par exemple, qui jouent peut-être un rôle dans la transmission des moteurs de la fièvre intermittente, du choléra, etc.

« Heureusement, les germes pathogènes qui ont le plus de chances de se trouver à la surface du sol, charbon, typhus, choléra, ne sauraient résister longtemps aux alternatives d'humidité et de dessiccation, de chaleur ou de froid, à l'action de la lumière solaire, à la concurrence des saprophytes, qui les assaillent dans ces conditions.

« Soulevés avec la poussière, ils seraient d'ailleurs très dilués dans la masse atmosphérique, contrairement aux poussières des locaux habités, qui sont dans un cube d'air restreint, sans compter que les germes déposés sur les parois de nos demeures y ont moins d'ennemis qu'à la surface du sol nu. »

(1) Arnould, *Nouveaux Eléments d'hygiène*, 3e édition, Paris, 1895.

Hygiène des travaux. — Il est utile de prendre des mesures hygiéniques pendant la durée des travaux de démolitions d'anciennes constructions et d'excavations profondes du sol, qui peuvent développer, dans bien des cas, la fièvre typhoïde, sous l'influence des microorganismes que ces travaux répandent dans l'atmosphère.

Nous citerons à ce propos les mesures préconisées par la Commission d'hygiène, lors des travaux de construction de la Bourse du commerce de Paris, en 1886, sur la proposition du Dr Dujardin-Beaumetz :

Arrosement des terrassements à l'aide de liquides tenant en dissolution des substances antiseptiques et désinfectantes : sels de cuivre, de fer, de zinc. L'usage de l'acide phénique doit être évité en raison de son odeur et de son inefficacité.

Arrosement des murs en démolition avant leur projection sur le sol pour diminuer la poussière que cette projection entraîne.

Enlèvement rapide des terres et matériaux de démolition ; transport de ces matériaux hors Paris.

Vidange, asséchement et désinfection par l'acide sulfureux (combustion du soufre) des fosses d'aisances, des égouts et de toutes les cavités souterraines où les travailleurs peuvent avoir à séjourner.

Drainage et asséchement des cloaques qui viendraient à se produire par suite du fouillement du sol.

Nous devons signaler le rapport que M. Bunel, architecte de la préfecture de police, a lu en séance du Conseil d'hygiène du 22 janvier 1897, concernant les mesures hygiéniques dans les travaux de démolition et de terrassement. M. Bunel s'était adjoint MM. les docteurs Léon Thoinot et Dubief.

Nous détachons de ce rapport les paragraphes suivants :

1° Préalablement à toute démolition : nettoyage, arrosage et balayage de toutes les caves, sous-sols, rez-de-chaussée et étages, et incinérations sur place des débris et détritus de toute nature, ordures, papiers, vieux chiffons.

2° Désinfection, par le service municipal de désinfection, de tous les locaux suspects, et qui, depuis cinq ans, auraient été contaminés par un cas d'une des maladies contagieuses dont la déclaration est obligatoire aux termes de la loi du 30 novembre 1892, ainsi que les locaux précédemment occupés par des cliniques et des sages-femmes.

3° Vidange, curage et asséchement de toutes fosses fixes et mobiles, des puits, des puisards, caves infectées par des dépôts de fromages ou de matières organiques, égouts particuliers et canalisations souterraines; aspersion des murs et des parois au moyen d'une dissolution de sulfate de fer à 5 p. 100, et ensuite badigeonnage au moyen d'un lait de chaux vive. Pour la vidange des fosses et le curage des puits et puisards, on se conformera aux règlements en vigueur, et notamment à l'ordonnance de police du 20 juillet 1838.

4° Dans le cas de démolition des fondations en contre-bas du sol du rez-de-chaussée et notamment de berceaux de caves, d'anciennes fosses ou d'anciens égouts et de toutes cavités souterraines, les matériaux, les résidus retirés des fouilles et les terres infectées qui en sont extraits et qui seraient reconnus capables de compromettre gravement la santé et la salubrité publiques, et d'engendrer des maladies endémiques, épidémiques ou contagieuses, seront saupoudrés et mélangés de sulfate de fer pulvérisé et de chaux vive, à raison de 500 grammes de sulfate de fer pulvérisé et de 1 kilog. de chaux vive par mètre cube.

Ces débris de démolition et ces terres ne peuvent être enlevés qu'aux décharges publiques hors Paris, et dans des cas spéciaux, terres infectées par des fuites de fosses d'aisances, d'anciens égouts, etc., elles devront être portées aux voiries dans des voitures couvertes, qui ne laissent rien répandre sur le sol.

5° Pour protéger le voisinage de la poussière, il sera établi, sur la ligne mitoyenne séparant les maisons à démolir des immeubles non atteints, des barrières en planches jointives et d une hauteur suffisante.

6° Le démolisseur devra se conformer à toutes les prescriptions imposées par l'ordonnance du 25 juillet 1882, concernant la pose des barrières sur la voie publique, le rangement des voitures parallèlement à la rue, la démolition au marteau, sans abatage, en faisant tomber les matériaux dans l'intérieur, la pose des planches en charpente avec hausse, à hauteur du premier étage, etc.

Assainissement des localités inondées. — Le Comité consultatif d'hygiène publique de France a publié, le 28 janvier 1883, les instructions suivantes :

I. — Il faut, pour obtenir le desséchement du sol et des habitations, favoriser le prompt écoulement des eaux par les moyens indiqués ci-dessous.

II. — On établira autour des maisons, dont l'intérieur est en contrebas du sol, une rigole dont la profondeur devra dépasser le contrebas de la maison.

Ces parties en contrebas et les caves dans lesquelles l'eau aura été mêlée à des matières organiques seront arrosées avec un liquide désinfectant (sulfate de cuivre 5 o/o).

III. — Les habitants ne doivent pas rentrer dans les maisons qui ont été inondées avant qu'elles aient été assainies.

IV. — Les habitations seront d'abord nettoyées et débarrassées de toutes les immondices que l'eau aurait déposées.

V. — Les parois des murs endommagés et où se seront accumulés des dépôts vaseux seront grattées à vif et badigeonnées à la chaux.

Les objets de literie seront détruits; on ne doit, en tout cas, les utiliser qu'après les avoir passés à l'étuve, si cela est possible, ou du moins séchés soigneusement.

VI. — L'aération et la ventilation sont les meilleurs agents d'assainissement des habitations.

On devra successivement allumer un grand feu, puis, le feu éteint, ouvrir largement les portes et les fenêtres et recommencer plusieurs fois de suite ces opérations.

Un grand feu sera allumé et entretenu dans le foyer, toutes les issues de l'habitation restant ouvertes.

VII. — Lorsque la maison inondée aura plusieurs étages, on devra attendre, pour habiter les étages inférieurs et de rez-de-chaussée, qu'ils soient absolument assainis, conformément aux prescriptions ci-dessus.

CHAPITRE III

L'EAU

Rôle de l'Eau en hygiène. — L'*eau* répond à l'un des besoins primordiaux de l'homme; selon qu'elle est en quantité suffisante ou distribuée avec parcimonie, suivant qu'elle est potable ou impure, la ville est saine ou dangereuse, l'existence humaine y est facile ou pénible; en un mot, il y a prospérité ou malaise.

L'eau est une arme à deux tranchants : bonne, elle est l'auxiliaire et le régulateur de la vie ; mauvaise, elle peut être un des agents secrets de la mort.

L'eau n'est pas seulement indispensable pour la boisson et les multiples usages domestiques (cuisson des aliments, etc.) et industriels de l'homme — pour lesquels elle doit être de qualité excellente, — mais elle est aussi nécessaire pour réaliser et maintenir la santé et la salubrité publiques, qu'on ne peut assurer que par des lavages abondants et fréquents des personnes, des maisons, des voies publiques et des égouts.

L'eau joue donc un rôle de purificateur de premier ordre pour l'homme.

Comme nous l'avons dit, c'est l'eau qui est le grand agent purificateur et alimentaire. Le Sahara est un désert, sauf dans les oasis, où les puits artésiens qui ont été creusés ont amené à la surface, pour la féconder, l'eau bienfaisante de la nappe souterraine.

Dans les villages isolés, dans les petites agglomérations, où les habitants disposent de beaucoup d'emplacement,

il est presque toujours facile d'avoir la quantité d'eau suffisante à tous les besoins et l'assainissement des habitations se fait sans difficulté, parce qu'il y a, en quelque sorte, dispersion sur de grands espaces des détritus de la vie humaine qui s'y détruisent presque d'eux-mêmes.

Il en est tout autrement dans le cas d'une grande ville, comme Paris, Londres, New-York ou Berlin, où une population de plusieurs millions d'habitants se trouve concentrée dans un espace serré. A la difficulté d'assurer à tous la quantité d'eau indispensable, se joint la question d'évacuation rapide des résidus de la ville qui ont tendance à s'accumuler rapidement sur une surface exiguë et, par suite, peuvent empester le sol, l'air et l'eau.

C'est donc à l'organisation du service des eaux, à la quantité et à la qualité de ces dernières, qu'on peut mesurer le degré de bien-être d'une cité, puisque l'eau potable est indispensable pour faire bien digérer nos aliments et pour nous rafraîchir, puisque l'eau entraîne, par ses lavages, les impuretés produites par l'existence humaine, en un mot puisque sans eau la vie est impossible.

Qualités et analyse chimique des eaux. — L'eau chimiquement pure est composée, en poids, de 88, 89 d'oxygène et de 11, 11 d'hydrogène, et, en volumes, de 2 volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène, condensés en 2 volumes (à l'état gazeux).

L'eau de pluie, de source et de rivière est appelée *eau douce*, par opposition à l'eau de la mer et de certains lacs, qui est salée.

L'eau, de quelque provenance naturelle qu'elle soit, n'est jamais d'une pureté chimique absolue. Elle contient toujours diverses substances étrangères provenant des terrains qu'elle a traversés ou de l'atmosphère. On trouve le plus souvent dans l'eau : l'air, l'acide carbonique, le

carbonate de chaux, le carbonate de magnésie, le sulfate de chaux, le sulfate de magnésie, le sulfate de soude, le chlorure de sodium (sel marin), le chlorure de magnésium, l'iode, la silice, les silicates alcalins, certaines matières organiques, etc.

L'eau, pour être *potable*, c'est-à-dire bonne pour la boisson et l'alimentation de l'homme, ne doit pas être absolument pure, car l'eau distillée, celle qui approche le plus de la pureté, est indigeste et lourde. L'eau potable peut renfermer sans grave inconvénient les sels indiqués précédemment en petite quantité. Certaines substances mêmes lui sont utiles ou nécessaires, telles que l'acide carbonique, le chlorure de sodium et surtout l'air ; en effet, une eau non aérée n'est pas buvable (1).

Pour être parfaitement salubre, l'eau ne doit contenir ni sulfate de chaux ou de magnésie, ni aucune substance organique en dissolution. Les carbonates de chaux et de magnésie rendent l'eau saine et agréable quand ils y sont dissous en petite quantité. Quand il y a des sels calcaires en excès dans l'eau, les conduites en fonte s'en incrustent, dès qu'il y en a plus de 25 centigrammes par litre d'eau ; de même, ces eaux sont impropres à alimenter les chaudières, où elles laisseraient des incrustations dangereuses.

L'eau potable doit être limpide, sans odeur, sans saveur sensible et présenter une température de 9 degrés en hiver et de 14 degrés en été.

Elle doit bien dissoudre le savon, en formant mousse, sans grumeaux, et bien cuire les légumes.

Les eaux trop chargées de sels terreux, et par suite impropres aux usages domestiques, sont nommées *eaux*

(1) Consulter Guichard, *l'Eau dans l'Industrie*. Paris, 1894. — Guinochet, *les Eaux d'alimentation*. Paris, 1894. — Coreil, *l'Eau potable*. Paris, 1896.

crues. Les eaux *séléniteuses* sont des eaux crues chargées de sulfate de chaux. Le sulfate de chaux existe dans l'eau lorsque cette dernière ne se trouble pas par l'ébullition et forme des précipités abondants avec le chlorure de baryum et l'oxabate d'ammoniaque. On peut améliorer les eaux séléniteuses et les rendre propres à certains usages domestiques et industriels — mais non à la boisson — en y versant une dissolution de carbonate de soude.

Les eaux trop chargées de carbonate de chaux et de magnésie sont impropres aux lavoirs, au savonnage et à la cuisson des légumes; la chaux et la magnésie forment, avec l'acide gras du savon, un savon calcaire insoluble; ces mêmes bases en excès durcissent les légumes en formant avec certains acides des plantes des sels insolubles.

Si, sur 100.000 parties, une eau est chargée de *n* parties de chaux, *n* est son *degré de dureté*. Une eau dont le degré de dureté dépasse 20 peut encore être employée dans l'industrie.

Le tableau suivant indique, sur 100.000 parties d'eau, les quantités limites des diverses substances qui rendraient l'eau impropre :

RÉSIDUS SOLIDES	DEGRÉ DE DURETÉ	ACIDE AZOTIQUE	MATIÈRES ORGANIQUES	CHLORE	ACIDE SULFURIQUE
10—50	18	0,4	3—5	0,2—0,8	6,3
50	18—20	0,5—1,5	3—4	2—3	8—10
50	18—20	0,5—2,0	5,0	3,5	8—10

Pour la confection des maçonneries, on ne doit pas faire usage d'eaux chargées de chlorures, qui entretiennent l'humidité des murs.

Nous devons résumer les diverses opinions émises sur la

qualité des eaux et les substances qui s'y rencontrent (1).

Chaux. — 1° M. Albert Lévy donne les résultats suivants :

Le carbonate de chaux est recherché dans les eaux et voici la composition des eaux de Paris en chaux :

Vanne.	120mg.
Dhuis.	110mg.
Ourcq	126mg.
Marne.	104mg.
Seine.	96 à 118mg.
Eaux d'égout.	157mg.

« On ne peut pas baser, dit-il, la potabilité de l'eau simplement sur la quantité de chaux qu'elle contient. »

2° Le Laboratoire municipal recherche la chaux sous la forme d'un composé : le chlorure de calcium. Quand il se trouve dans l'eau à une dose de plus de 15mg par litre, l'eau peut être considérée comme malsaine.

Chlore. — Le chlore se trouve sous forme de *chlorure de sodium* (équivalt Cl = 35 — NaO = 23).

1° Le Comité consultatif d'hygiène classe les eaux de la façon suivante :

Eau très pure.	moins de	15mg	par litre.
Eau potable.	—	40mg	—
Eau suspecte.	de 50 à	100mg	—
Eau mauvaise.	—	100mg	—

2° M. Albert Lévy dit que le chlore ne peut être considéré que comme le témoin ultime des impuretés du sol.

3° M. Frankland dit que les eaux de Londres renferment de 15 à 27mg de chlore par litre.

(1) Nous empruntons ce résumé, très bien fait, à l'*Étude sur la qualité des Eaux* que M. F. Guillomot a publiée dans le *Bulletin Technologique de la Société des anciens élèves des Ecoles Nationales d'Arts et Métiers.* Oct. 1888.

4° M. Bernay a trouvé 21^{mg} par litre pour les eaux de Londres.

5° L'*Annuaire de Montsouris* donne pour la Seine : 16 à 17^{mg} de chlorure en amont et 26 à 27^{mg} de chlorure en aval de Paris (été 1885).

6° Durand-Claye a trouvé dans l'analyse de l'eau du drain d'Asnières *(Utilisation des eaux d'égout)*, en juillet et septembre 1885 : 106 et 104^{mg} de chlorure.

7° Le Laboratoire municipal dit l'eau potable de 3 à 15^{mg} de chlorure par litre. Il ajoute : si ces chlorures sont à base alcaline, la quantité peut être bien plus grande que celle ci-dessus.

Acide sulfurique. — Sulfate de chaux. — 1° Le Comité consultatif d'hygiène dit que l'acide sulfurique doit être recherché dans une bonne eau potable, et voici son classement :

Eau pure............	2 à 5^{mg} par litre.
Eau potable..........	5 à 30^{mg} par litre.
Eau suspecte.........	plus de 30^{mg} par litre.
Eau mauvaise........	plus de 100^{mg} par litre.

2° Laboratoire municipal de Paris : le sulfate de chaux en dissolution dans l'eau doit être inférieur à 20 ou 25^{mg} par litre.

3° M. Albert Lévy dit qu'il n'est pas démontré que 30^{mg} de sulfates aient sur l'économie une action fâcheuse.

Matières organiques. — Jusqu'à présent, on n'a pu doser les matières organiques que d'une façon qui semble imparfaite à première vue.

En effet, on dose dans une eau les matières organiques prises en bloc, pour ainsi dire, mais sans indiquer les différentes classes contenues dans ce bloc. Or, il est évident que, parmi ces matières organiques, il s'en trouve de plus nuisibles les unes que les autres : celles provenant de déjections humaines par exemple, de débris des hôpitaux,

pourront avoir une action nocive sur l'économie, tandis que celles engendrées par des matières végétales en décomposition, mais ne contenant aucun germe de maladie, ne pourront provoquer aucune affection chez le sujet qui les aura absorbées.

Il serait donc à souhaiter que les chimistes arrivent à établir une classification quelconque dans ce sens. Les analyses microscopiques nous éclairent déjà un peu à ce sujet, mais les opérations sont fort délicates et ne donnent encore que des résultats très relatifs.

1° Le Laboratoire municipal donne comme maximum 5^{mg} de matières organiques par litre (mesurées en acide oxalique).

A ce compte, et d'après tous les rapports publiés par les Bulletins municipaux officiels de la Ville de Paris, *aucune des eaux que l'on consomme à Paris n'est potable*, du moins avec certaines analyses.

L'opinion du Laboratoire municipal ainsi indiquée montre qu'il ne veut pas s'engager, et, pour rester hors d'atteinte, il indique des conditions impossibles à remplir.

Il en est de même du Comité consultatif d'hygiène de France.

2° Le Comité consultatif d'hygiène dit :

Eau très pure........	moins de 7^{mg}775 par litre.
Eau potable..........	avec 15^{mg}750 par litre.
Eau suspecte.........	entre 23^{mg} 625 et 31^{mg}50 par litre.
Eau mauvaise	au-dessus de 31^{mg}50 par litre.

3° Le *Formulaire des Hôpitaux* donne :

Eau de service jusqu'à 23 millig. par litre. Elle doit être absolument rejetée après 40 millig.

4° L'eau la plus pure, au point de vue des matières organiques, serait l'eau du drain d'Asnières, prise en plein terrain des irrigations à l'eau d'égout.

5° M. Albert Lévy dit que, en dehors des matières minérales dissoutes, on doit rester assez circonspect en présence de la simple indication du poids de l'oxygène, pris par la matière organique.

6° Les filtres, même le filtre Pasteur-Chamberland, qui retiennent les poussières, organiques ou non, contenues dans l'eau, ne changent pas le poids de la matière organique y restant dissoute.

Tous les filtres sont donc inefficaces au point de vue des matières organiques.

7° La matière organique ne doit pas être azotée.

Oxygène. — Oxygène dissous. — 1° Le Comité consultatif d'hygiène ne fixe pas de limites.

2° Le Laboratoire municipal dit que la quantité de gaz dissous dans l'eau et mesurée en volume doit être de 3.25 o/o, composée de 10 o/o d'acide carbonique et 30 à 33 o/o d'oxygène.

L'eau ne doit pas contenir de gaz inflammables.

3° La teneur en oxygène d'une eau peut dépendre d'un certain nombre de circonstances extérieures, température, pression, éclairement du ciel, etc.

4° On trouve des eaux qui, placées à la lumière, se chargent d'oxygène et d'autres qui en perdent. Cela peut provenir de matières organisées vivantes, des bactéries, des algues.

Les résultats d'analyse ne sont plus les mêmes après plusieurs jours de repos.

Il y a lieu dans ce cas de déterminer un coefficient d'altérabilité.

Une eau chargée de microbes perd avec rapidité l'oxygène qu'elle contient, tandis qu'une eau chargée d'algues reprend de l'oxygène.

Il faut donc chercher la nature de l'élément qui domine.

5° On donne comme bonne quantité d'oxygène dissous dans l'eau de 6 à 10 millig. par litre.

6° Il y a une proportionnalité que l'on peut observer dans la composition d'une eau, entre la quantité de matières organiques et celle d'oxygène dissous qu'elle contient, lorsque cette même eau se charge ou se décharge de matières organiques.

On peut vérifier ce fait en prélevant des échantillons d'eau de Seine, en amont de Paris, dans Paris, et après la traversée de Paris, où elle s'améliore après un certain parcours, pour se recharger ensuite à l'égout collecteur d'Asnières. Si on poursuit plus loin, dans le sens du cours de cette rivière, on la verra s'améliorer à partir d'un certain point, à mesure que l'on s'éloigne du débouché de ce collecteur.

7° La navigation et les vents provoquent le déplacement des couches inférieures de l'eau et les mettent en contact avec l'oxygène de l'air, qui, brûlant ainsi une certaine quantité de matières organiques, contribue à améliorer la qualité de l'eau.

Azote nitrique. — L'azote nitrique ne doit pas dépasser 2 milligr. par litre.

Azote ammoniacal. — 1° Le Laboratoire municipal dit qu'une bonne eau potable ne doit pas renfermer plus de 1 milligr. d'ammoniaque par litre.

2° L'azote ne peut provenir que de la décomposition des matières azotées et ce sont des matières organiques animales qui les fournissent.

Hydrogène sulfuré. — Hydrogène proto-carburé. — L'eau potable ne doit pas contenir d'hydrogène sulfuré. Ce gaz signale sa présence en répandant une forte odeur d'œufs pourris.

Elle ne doit pas contenir non plus d'hydrogène proto-

carburé, ce qui indiquerait la présence de matières organiques en putréfaction.

Ammoniaque albuminoïde. — L'eau ne doit pas en contenir plus de 1 millig. par litre.

Sa présence se remarque principalement dans les eaux recevant des infiltrations de fosses d'aisances.

Alcalinité de l'eau. — L'eau potable doit son alcalinité à la chaux, à la magnésie.

Elle ne doit pas être trop alcaline, car alors il pourrait se faire qu'elle eût été contaminée par les carbonates alcalins des blanchisseries.

Plomb. — Cuivre. — Zinc. — Fer. — Tous ces métaux, et surtout les trois premiers, sont toxiques.

La quantité de métaux précipitables par l'hydrogène sulfuré doit être inférieure à 1 milligr. par litre.

Le fer peut aller de 1 milligr. 5 à 3 milligr. par litre.

Eau des crues. — L'eau des pluies, en tombant et en s'écoulant sur la surface du sol pour se diriger vers les rivières, entraîne avec elle un grand nombre de débris de substances végétales.

De là la plus grande quantité de matières organiques que l'on constate à l'analyse pendant les hautes eaux.

Dans ces conditions, les matières organiques étant en plus grande quantité absorbent l'oxygène dissous dans l'eau au détriment de sa potabilité.

Hydrotimétrie. — La méthode hydrotimétrique, due à Boutron et Boudet, permet de classer les eaux d'après leur degré de dureté ou la quantité de sels qu'elles tiennent en dissolution.

Elle est basée sur la propriété (découverte par le Dr Clarke) que possède le savon de rendre l'eau pure mousseuse et de ne produire de mousse, dans les eaux chargées de sels terreux et surtout à base de chaux et de magnésie, qu'autant

que ces sels ont été décomposés et neutralisés par une proportion équivalente de savon, et qu'il reste un petit excès de celui-ci dans la liqueur.

Les essais se font au moyen d'un flacon (fig. 2) jaugé à



Fig. 2.
Flacon hydrotimétrique.

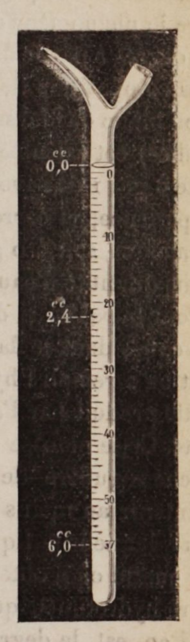


Fig. 3.
Burette hydrotimétrique.

10, 20, 30 et 40 centimètres cubes, et d'une burette ou hydrotimètre (fig. 3), qui contient une échelle de jauge en centimètres cubes d'un côté et l'échelle hydrotimétrique de l'autre.

Chaque essai exige 40 centimètres cubes ou 40 grammes d'eau, que l'on mesure dans le flacon.

L'hydrotimètre est gradué de façon que le trait circu-

laire OO, marqué au sommet de l'instrument, soit la limite que la liqueur doit atteindre pour qu'il soit chargé.

La division comprise entre ce trait OO et la division O représente la proportion de liqueur nécessaire pour produire le phénomène de la mousse avec l'eau distillée pure. Les degrés à partir de O sont les degrés hydrotimétriques.

La composition de la liqueur (qui est une dissolution de savon blanc de Marseille dans de l'alcool à 90°, et de l'eau distillée) est calculée de manière que chaque degré représente 0 gr. 1 de savon neutralisé par litre d'eau soumise à l'expérience, et correspond soit à 0 gr. 0114 de chlorure de calcium, soit à 0 gr. 01 de carbonate de chaux pour la même quantité d'eau.

Pour faire l'essai d'une eau, on en mesure 40 centimètres cubes dans le flacon, et l'on ajoute peu à peu la liqueur dont on a rempli l'hydrotimètre jusqu'en OO ; on examine si elle produit par l'agitation une mousse légère et persistante. Cette mousse doit former à la surface de l'eau une couche régulière de plus de 0 m. 005 d'épaisseur et se maintenir au moins 10 minutes sans s'affaisser. La division à laquelle la liqueur est descendue dans l'hydrotimètre, quand on a obtenu cette mousse dans le flacon, est le degré hydrotimétrique de l'eau essayée.

Si 20 est le degré observé, c'est qu'un litre de l'eau essayée neutralise 20 décigrammes ou 2 grammes de savon.

Si l'eau essayée donne des grumeaux lorsqu'on la mélange avec la liqueur hydrotimétrique, ou si son degré dépasse 30, on ne peut l'essayer ainsi. On y ajoute alors 1, 2, 3, etc., fois son volume d'eau distillée, suivant son impureté, et on détermine le degré de ce mélange, comme précédemment. Ce degré, multiplié par 2, 3 ou 4, selon le volume d'eau distillée ajouté, donne le degré de l'eau proposée.

Le titre hydrotimétrique des eaux potables, c'est-à-dire leur proportion de sels calcaires, oscille entre 7 et 21 degrés, mais peut même atteindre 25 et descendre à 3.

Les eaux de puits sont rarement potables, car certaines marquent 100 degrés et plus, et coagulent le savon en grumeaux.

Le tableau suivant indique les degrés hydrotimétriques, c'est-à-dire la quantité (en décigrammes) de savon décomposé et neutralisé par litre d'eaux de diverses provenances :

	Degrés hydrotimétriques.
Eau distillée	0
— de neige, à Paris	2, 5
— de pluie, à Paris	3, 5
— de l'Allier, à Moulins	3, 5
— de la Dordogne, à Libourne	4, 5
— de la Garonne	5
— de la Loire, à Tours et à Nantes	5, 5 à 7
— du puits de Grenelle	9
— — de Passy	11
— de la Somme-Soude	13, 5
— du Rhône, de la Saône et de l'Yonne	15
— de la Seine, à Paris et aux environs	18 à 23
— de l'Avre et de la Vigne	17 à 19
— de la Nèthe, à Anvers	19
— de la Tamise, à Londres	19, 7
— de la Marne	19 à 23
— de la Vanne	20
— de la Dhuis	22 à 24
— d'Amsterdam	23
— de l'Escaut, à Valenciennes	24, 5
— d'Arcueil	20 à 37
— de l'Ourcq, à la Villette	31 à 35
— de Chaville	36
— de Garches	36
— de Ville-d'Avray	50
— du Val-Fleury	50
— de Meudon	52
— de Montretout	60

Eau des Prés Saint-Gervais	72 à 76
— de Belleville	128 à 155
— des puits de Paris (environ)	120 à 130

Le Comité consultatif d'Hygiène de France classe les eaux de la façon suivante :

Très pure	de 5 à 15°	à l'hydrotimètre	après ébullition	de 2' à 5'
Potable	de 15° à 30°	—	—	5' à 12'
Suspecte	au-dessus de 30°	—	—	12' à 18'
Mauvaise	— 100°	—	—	plus grande que 20'

M. Albert Lévy dit que le degré hydrotimétrique ne suffit pas pour déterminer et qualifier la valeur de l'eau.

Analyse micrographique. — Depuis les travaux de Pasteur sur l'influence des microbes dans les fermentations, le Dr Miquel a organisé, à l'Observatoire de Montsouris, l'analyse micrographique des eaux parisiennes.

Toutes les eaux renferment des microbes.

Pour faire l'analyse bactériologique d'une eau, on en recueille une petite quantité, soit dans une ampoule en verre à pointe effilée et scellée à la lampe, et dans laquelle on a fait le vide parfait, soit dans un simple flacon fermé par un bouchon de liège. Ces récipients ont été préalablement portés à la température de 180 degrés, pour les *flamber*, c'est-à-dire pour en détruire tous les germes qu'ils peuvent contenir (1).

Lorsque l'eau a été recueillie, il faut se hâter de faire la numération des bactéries, car leur nombre s'élève considérablement en quelques heures. Un échantillon d'eau de la Dhuis qui renfermait, à midi, 57 bactéries par centimètre cube, en renfermait 456 trois heures après. Un

(1) Voyez Roux, *Précis d'analyse microbiologique des eaux*. Paris, 1892.

échantillon d'eau de la Vanne, contenant 56 bactéries lors de l'analyse immédiate, en contenait 590.000 trois jours après.

Deux méthodes sont employées pour la numération des bactéries; celle des milieux liquides (Pasteur et Miquel) et celle des milieux solides (Koch).

Dans le premier cas, on dilue l'eau à examiner au 1/10, au 1/100, au 1/1000, etc., dans de l'eau stérilisée; un essai préliminaire indique quelle est la dilution la plus convenable. Supposons que ce soit la dilution au 1/1000. Au moyen d'une pipette flambée, donnant pour 1 centimètre cube un nombre de gouttes connu, par exemple 25, on fait tomber dans 25 ballons, renfermant un bouillon nutritif (stérilisé), une goutte de l'eau diluée, et on porte ces ballons dans une étuve à 36°. Les ballons qui ont reçu un germe seront les seuls à se troubler, par suite du développement de ce germe dans le milieu nutritif. Supposons que, sur les 25 ballons, 8 se troublent. On admet, étant donnée la grande dilution de l'eau, qu'un seul germe a été introduit dans ces ballons contaminés. On dira donc que 1 centimètre cube renfermait 8 bactéries, et comme l'eau a été diluée au 1/1000, l'eau primitive en renfermait 8000 par centimètre cube.

La méthode des milieux solides consiste à ajouter au bouillon nutritif 10 à 15 o/o de gélatine, ce qui donne un milieu se solidifiant à la température ordinaire, mais susceptible d'être maintenu liquide entre 30 et 35°. Si l'on ajoute à cette gélatine nutritive 1 centimètre cube d'eau diluée comme précédemment, et si, après mélange intime, on coule cette gélatine dans une sorte de cristallisoir, elle se solidifiera par un refroidissement, en emprisonnant les germes contenus dans l'eau.

Ceux-ci se multiplieront et donneront naissance, au point où ils se trouvent dans la gélatine, à une petite tache :

c'est une *colonie*. Il y aura bientôt, sur la plaque, autant de colonies qu'il y avait de bactéries dans le centimètre cube d'eau employé.

D'après Miquel, on peut classer ainsi les eaux, d'après le nombre de bactéries qu'elles renferment par centimètre cube :

Eau successivement pure	de	0 à 10
— très pure..........	de	10 à 100
— pure..............	de	100 à 1000
— médiocre..........	de	1000 à 10.000
— impure............	de	10.000 à 100.000
— très impure........	de	100.000 et au-dessus.

C'est en hiver que l'eau renferme le plus de bactéries, car, quoique la chaleur favorise le développement des germes, les pluies de l'hiver entraînent les microbes du sol dans les eaux. Voici les moyennes saisonnières comparées du nombre de bactéries contenues dans 1 centimètre cube d'eau de la Seine, de la Vanne et de la Dhuis :

	Seine (Pont d'Austerlitz.)	Vanne.	Dhuis
Hiver..........	48.890	1.200	3.180
Printemps......	33.446	720	2.125
Eté............	41.635	770	635
Automne.......	53.965	505	1.605
Moyenne.......	44.490	800	1.890

La moyenne constatée dans l'eau de l'Avre est de 509 bactéries. Dans certaines eaux de pluie, on n'a trouvé que 7 microbes par centimètre cube.

Dans l'eau des égouts de Paris, en avril 1894, Miquel a compté 63 millions de microbes par centimètre cube. L'eau des égouts, après son passage à travers la terre arable de Gennevilliers, se débarrasse de ses bactéries; c'est ainsi que l'eau d'un drain, à Asnières, ne contient plus que 410 bactéries par centimètre cube.

La glace participe de toutes les impuretés de l'eau liquide, car la plupart des bactéries pathogènes résistent à des froids pouvant aller jusqu'à — 120 degrés. Aussi la glace tirée des lacs des environs de Paris est-elle mauvaise. La glace artificielle seule est potable (1).

Ce qu'il importe surtout de connaître, ce n'est pas tant le nombre de germes contenus dans l'eau, c'est la nature, la qualité de ces germes. L'eau sert, en effet, de véhicule à une série d'espèces pathogènes, telles que le vibrion septique, le bacille du tétanos, le staphylocoque pyogène doré, la bactéridie charbonneuse, le bacille typhique, le bacille virgule (vibrion du choléra), etc. C'est par les façons diverses dont se comportent ces bactéries en présence de la gélatine, et par diverses autres observations, qu'on a réussi à déceler leur présence et à les différencier ; l'analyse microscopique est venue en aide pour montrer ces différences. D'autre part, un grand nombre de ces infiniment petits sont inoffensifs et certains même sont utiles.

M. Miquel a constaté, nous l'avons déjà dit, que la teneur en bactéries de certaines eaux est essentiellement variable.

Une eau de source avait 5 bactéries au point d'émergence ; après 5 jours, elle en avait 500.000 ; après 10 jours, elle n'en avait plus que 300.000 ; après 6 mois, elle n'en n'avait presque plus.

De l'eau de la Vanne contenant 50 bactéries par cent. cube, conservée en vase ouvert ou en flacon bouché, à une température de 15°, en a eu le lendemain 40.000, le surlendemain 125.000, 3 jours après 500.000. Au bout d'un certain temps, la teneur va ensuite en diminuant.

De l'eau de la Vanne, prise à sa source, avait une teneur en bactéries presque insignifiante ; transportée à

(1) Alf. Riche, *Emploi de la glace dans l'alimentation* (*Ann. d'hyg.*, 1893, tome XXX, p. 47) ; Ch. Girard et Bordas, *Analyses chimiques et bactériologiques des glaces consommées à Paris* (*Ann., d'hyg.*, 1893, tome XXX, p. 78.)

Paris en tube scellé, elle en avait 100.000 36 heures après ; la même eau arrivée naturellement à Paris par les aqueducs n'en a que 60.

A Paris, on a été conduit, à certains moments, à trouver les eaux de la Dhuis et de la Vanne inférieures en qualité à celles de la Seine et de la Marne, en comparant les quantités de microbes et de bactéries trouvés dans chacune d'elles.

Voici deux tableaux (1) qui concordent bien avec ce que nous venons de dire.

8 août 1887		*22 août 1887*	
EAUX	Microbes par centim³	EAUX	Microbes par centim³
Vanne	46.000	Vanne	141.000
Dhuis	20.000	Dhuis	160.000
Seine	2.400	Ourcq	33.000

Là peut se placer une hypothèse qui est la suivante :

Il est très possible que l'ensemble des êtres organisés contenus dans une eau soit divisé en deux catégories bien distinctes l'une de l'autre.

Les uns peuvent être inoffensifs si nous les absorbons, et les autres peuvent, au contraire, être nocifs.

Ne se peut-il pas que les premiers détruisent en grande partie les seconds ?

Avec les eaux de rivière, on n'observe pas une aussi grande prolifération qu'avec les eaux de source. De l'eau de Seine, ayant 10.000 microbes, par exemple, conservée jusqu'au lendemain, n'en a eu que 20.000. Avec l'eau de l'Ourcq, l'augmentation est encore moindre ; il y a même eu parfois diminution.

(1) *Bulletin municipal officiel de la Ville de Paris.*

Des eaux minérales considérées comme très salubres ont souvent, au moment de leur emploi, plusieurs centaines de mille de bactéries par centimètre cube.

Provenance des eaux. — Les eaux se rencontrent dans la nature sous les formes suivantes : l'eau de mer; l'eau de pluie; les eaux superficielles (ruisseaux, rivières, fleuves, étangs); les eaux souterraines (sources, puits, eaux artésiennes).

Eau de mer. — Fortement imprégnée de salure caractéristique, elle ne peut servir directement pour l'alimentation. Pourtant quelques essais ont été faits pour la rendre potable (voy. p. 81).

Eau de pluie. — Elle renferme souvent de l'azotate d'ammoniaque; elle peut servir, non pas pour alimenter une ville, mais pour une alimentation restreinte; on la recueille, dans ce cas, dans des citernes (voy. p. 46).

Eaux superficielles. — Elles sont courantes ou dormantes. Leur puisage est en général facile.

Pour l'alimentation d'une ville, l'eau d'une rivière peut être amenée directement par la gravité au moyen d'un canal ou d'un aqueduc, mais il est souvent nécessaire, lorsque son niveau l'exige, de l'élever et de la refouler au moyen d'engins mécaniques (pompes, etc.). Si la prise en rivière peut être mise directement en rapport avec une machine élévatoire, cette prise se réduit à une conduite d'aspiration en tôle ou en fonte, posée dans une tranchée et reliant la rivière aux appareils élévatoires. On empêche l'introduction des corps étrangers dans les conduites, au moyen de grilles ou de toiles métalliques qui les arrêtent.

Lorsque la prise d'eau est éloignée de l'usine, on construit dans l'usine même une *chambre d'eau*, construction étanche en maçonnerie, mise en communication

directe, par une conduite, avec la rivière. Cette chambre permet de puiser l'eau à niveau constant.

Lorsque, pour capter l'eau d'une rivière, on veut la puiser à un niveau déterminé, on fait usage d'un déversoir.

Les réserves artificielles d'eau s'obtiennent par des barrages établis à travers les vallées.

Si une réserve d'eau a une petite profondeur, elle forme un étang dans lequel l'eau se corrompt vite si elle n'est pas renouvelée. On peut faire usage des étangs pour emmagasiner les eaux d'alimentation d'une ville.

A Versailles, des rigoles sillonnent les campagnes avoisinantes et versent dans des étangs les eaux recueillies sur leur parcours.

Les *lacs* naturels, comme ceux de Genève, de Constance, etc., formés par les eaux d'une rivière, sont de véritables bassins de décantation; aussi l'eau des lacs est-elle, en général, excellente.

La prise d'eau, dans un lac, se fait comme dans une rivière.

Eaux souterraines. — Le déversement des eaux des nappes souterraines à la surface du sol, par des orifices naturels, constitue des *sources*. Une source est le produit de petits filets d'eau qui se forment dans les montagnes et les collines dont le sol est perméable. Aussi, c'est presque toujours au fond des vallons ou à leur thalweg que les sources sortent de terre. Leur température est à peu près constante. Paris, Dijon, Bordeaux (1), Lille, etc., ont fait de grands travaux pour capter des eaux de source. Ces eaux, le plus souvent limpides, ne sont quelquefois pas assez aérées; on y remédie en les faisant descendre en cascades.

Quand les sources naturelles ne sont pas abondantes,

(1) Bordeaux recueille, par un aqueduc voûté de $1^m,60$ de haut et $1^m,50$ de large, les eaux des sources d'Eyzines, du Taillan et de Saint-Médard, qui sortent du rocher, à 12 kilomètres de la ville.

on peut rassembler les eaux souterraines provenant des eaux de pluie qui ont filtré à travers les couches perméables du sol, et qui ont été arrêtées par une couche imperméable. Cela permet de créer une *source artificielle.*

Pour capter les eaux souterraines, on construit une conduite en pierre, dont les joints laissent passer le liquide qui s'écoule à l'intérieur de la conduite, et on lui donne une pente convenable. Cette disposition a été appliquée pour la distribution des eaux de la ville d'Avron.

En creusant le sol, la première nappe d'eau qu'on trouve est celle des *puits ;* si l'on creuse au-delà, on rencontre généralement d'autres nappes. Lorsque, de l'une de ces nappes, l'eau s'élève à une certaine hauteur, c'est qu'on a atteint la *nappe artésienne.*

Les eaux souterraines sont le plus souvent riches en matières organiques, plus chargées de sels solubles que les eaux superficielles, et presque toujours très limpides.

Les eaux de puits sont le plus souvent séléniteuses et mauvaises.

Le voisinage des cimetières altère les eaux des puits. Hervé Mangon a trouvé 1 kilogr. d'acide azotique par mètre cube d'eau puisée sous le cimetière Montparnasse ; les eaux des puits en contre-bas du cimetière du Père-Lachaise sont surabondamment chargées de matières organiques.

Jaugeage. — Pour mesurer le débit d'eau que fournit une source, un aqueduc, une canalisation, etc., on se sert d'une cuvette de jaugeage munie de 10, 20 ou 30 ajutages, suivant l'importance de l'arrivée de l'eau à mesurer. Chaque ajutage débite un pouce d'eau par minute, sous une pression de 0 m. 03 d'eau au-dessus de l'ouverture de l'ajutage. L'eau arrive par un tuyau ou par un aqueduc dans un premier réservoir, dit *de repos*, où le calme s'o-

père; elle pénètre ensuite dans la cuvette, dite *de jauge*, dont la charge de 0 m. 03 sur le sommet des orifices est réglée par un trop-plein disposé à cet effet. La cuvette de jaugeage renferme un nombre d'ajutages plus considérable que ne nécessite le débit, afin de pouvoir en boucher un certain nombre et régler ainsi la hauteur; quand on a obtenu le point cherché, on additionne le nombre de pouces restés libres et l'on obtient ainsi le débit de l'eau.

Souvent, pour jauger une source de peu d'importance, on se contente de la barrer dans son parcours au moyen d'une planche percée de trous de 0 m. 02 de diamètre, ayant par conséquent leur centre à 0 m. 04 au-dessous du bord supérieur. On bouche un nombre de trous suffisant pour permettre à l'eau d'affleurer le bord supérieur de la planche, et le nombre de jets que fournit le cours d'eau indique la puissance de son débit.

Citernes. — Dans un grand nombre de constructions isolées, les eaux de pluie (1) sont recueillies dans des réservoirs souterrains ou citernes où on les puise au fur et à mesure des besoins.

Une citerne est généralement recouverte d'une large pierre, destinée à la garantir de l'envahissement des sables. On dispose les conduites ou tuyaux qui amènent l'eau dans la citerne de façon à rejeter les premières eaux qui tombent et qui sont troubles. On recueille ensuite les eaux plus pures. Pour conserver l'eau de pluie dans de bonnes conditions dans les citernes, on doit la maintenir dans l'obscurité, afin d'empêcher le développement des végétaux sous l'influence de la lumière.

L'emploi des citernes est parfois obligé dans certaines

(1) Les eaux de pluie sont bonnes pour les bains, le lavage, l'arrosage, diverses opérations industrielles et, purifiées, peuvent être bonnes à boire.

habitations rurales un peu isolées, où l'eau du ciel est la seule dont on dispose, par suite de l'absence de système général de canalisation d'eaux.

M. A. Vaillant, à l'Union syndicale des architectes, a indiqué les conditions d'établissement des citernes. Nous résumons ici son travail.

Les eaux de pluie n'arrivent au sol qu'après avoir lavé l'atmosphère et plus ou moins chargées de poussières. A vrai dire même, l'eau recueillie dans une citerne ordinaire, c'est l'eau de lavage des toits. Il est donc indispensable de purifier les eaux météoriques et de les protéger, une fois emmagasinées dans la citerne, contre toute cause de pollution extérieure.

Le volume de la citerne dépend évidemment de la quantité d'eau consommée dans la maison. Suivant M. A. Vaillant, il faut compter :

1° Par personne et par jour.

Ménage :

Boisson	1,50	
Cuisson des aliments	5,00	
Ménage général	18,00	
Lessive	15,50	
		40,80

Toilette :

Toilette journalière	13,00	
Bains, douches	36,00	
Water-closet	10,00	
		59,00
Perte		15,00
		114,00

2° Pour les communs et par jour :

Par cheval, boisson	55,00
— lavage	80,00
Par chien, boisson	5,00
Par voiture et par roue, lavage	40,00
Pavage et dallage, par mètre carré	4,00

Pour 7 personnes habitant toute l'année, cela fait plus de 300 mètres cubes. Avec 2 chevaux et 2 chiens, le volume atteint 350 mètres cubes, non compris les eaux de lavage et celles nécessaires au réservoir de chasse, indispensable au nettoyage des canalisations des eaux usées.

Or, admettons une surface de toiture de 400 mètres et une année sèche donnant une couche d'eau de 400 millimètres, on n'obtient que 160 mètres cubes. On voit qu'il peut être indispensable d'avoir une réserve pour pallier à l'insuffisance de la pluie. Le volume de la citerne doit donc être calculé en tenant compte du régime météorologique spécial du lieu. Ce régime est très variable.

M. Vaillant propose d'interposer, entre le canal d'amenée des eaux météoriques et la citerne, un véritable champ d'épuration.

Le champ d'épuration doit avoir 1/20 de la surface des toitures fournissant l'eau. Il est constitué (fig. 4) par une succession de compartiments étanches CC, débordant du 1er sur le 2e, du 2e sur le 3e, etc., ce qui permet de filtrer les eaux d'une pluie sans importance ou celles d'un orage, avec le minimum de perte d'évaporation. La couche filtrante aura 1 mètre d'épaisseur ; elle sera formée de sable mêlé avec 1/15 ou 1/20 de calcaire en poudre, le tout recouvert de terre végétale calcaire, sur laquelle on peut semer du gazon.

Le fond de chaque compartiment est en pente, de manière à ramener les eaux sur une matière poreuse filtrante D, qui arrête les sables fins.

Les drains d'écoulement FF auront 0 m. 08 de diamètre et une pente assez forte.

La citerne devra être absolument étanche.

La forme cylindrique est à préférer. Les trois ouvertures — trappe de visite G, vidange H et trop-plein J — devront fermer hermétiquement.

En Algérie, on construit des *citernes-filtres*.

Ce sont des excavations en forme de tronc de pyramide, la petite base occupant la partie inférieure de cette construction

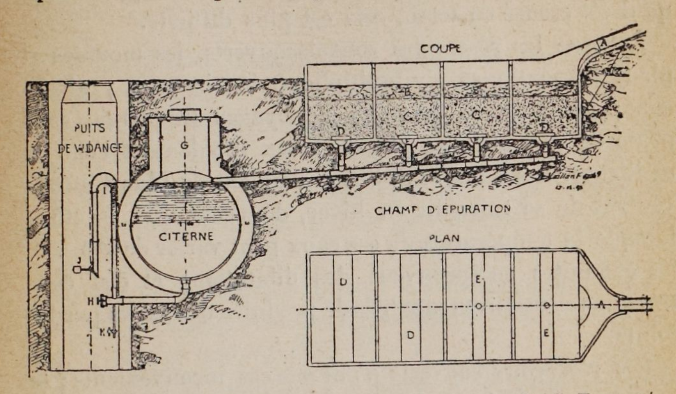


Fig. 4. — Citerne. — A, Arrivée des eaux brutes. — B, C, Terre végétale et sable, avec 15 et 20 o/o de calcaire en poudre, — D, Pierre ou toute matière filtrante. — E, Rigoles recevant les eaux filtrées. — F, F, Drains à joints étanches. — H, Obturateur. — I, Trop-plein. — J, Valve. — K, Robinet de puisage.

truction revêtue de béton et de ciment. Au milieu de la citerne est un puisard, autour duquel on élève une cheminée; on remplit l'espace entre cette cheminée et les parois avec des pierres non jointives, surmontées de gros gravier, de sable et de terre végétale ensemencée d'herbe. Cette surface ensemencée forme une sorte de cuvette, recevant les eaux de pluie qui se filtrent à travers les matériaux de la citerne.

Réservoirs publics. — La distribution de l'eau amenée dans une ville, quelle que soit la provenance de cette eau, se fait presque toujours en faisant partir les conduites de distribution d'un ou de plusieurs réservoirs qui recueillent les produits des sources ou des machines et

peuvent les conserver en attendant le moment de leur utilisation.

Un réservoir doit toujours pouvoir se nettoyer. Lorsqu'il est creusé en terre, cela est plus difficile.

Lorsque les réservoirs sont découverts, les mousses et plantes aquatiques s'y multiplient, les insectes y abondent; par suite, il faut des nettoyages fréquents, sous peine de voir ainsi se polluer assez rapidement l'eau la meilleure. Les eaux exposées à l'air ont de plus l'inconvénient de se refroidir en hiver, de s'échauffer en été et lorsque la température de ces eaux peut varier de 0° à 25°, les conduites en éprouvent des dilatations et des contractions successives capables de produire des fuites par les joints.

Les réservoirs couverts n'ont pas ces inconvénients; la température de leurs eaux reste la même pendant toutes les saisons, et ces eaux, coulant dans les conduites, en souterrain, ne voient cette température modifiée que de 2 à 3 degrés au plus.

Les petits réservoirs sont couverts de toits ou de combles ordinaires, mais il est préférable d'employer des voûtes en maçonnerie ou des voûtes légères en briquettes et ciment.

La couverture des réservoirs doit être percée d'ouvertures permettant une ventilation et un renouvellement d'air, seul capable de maintenir à l'eau potable (qui doit être aérée) ses qualités indispensables.

Les réservoirs publics n'emmagasinent généralement que le débit d'un jour; on les place sur un point culminant de la région à desservir. Il est utile de les partager en deux parties indépendantes par une cloison transversale, afin que le service ne soit pas interrompu en cas de réparation.

Le plus grand réservoir d'eau construit jusqu'à ce jour

est celui de Tansa, dans l'Inde anglaise, en voie d'achèvement en 1892. Il a 64 millions de mètres cubes de capacité, soit plus de 200 fois celui de Montsouris, à Paris !

Il est dangereux d'employer le plomb et ses préparations pour recouvrir les réservoirs destinés à conserver les eaux devant servir à l'alimentation, car de nombreux cas d'intoxication saturnine ont été observés, à la suite de l'ingestion d'eaux ayant séjourné dans des réservoirs peints en rouge avec une couleur plombifère.

Tuyaux de conduites d'eau. — Les conduites de distribution d'eau sont des conduites forcées ; la forme circulaire est la plus convenable.

Le *bois*, et en particulier le sapin, a été employé pour les canalisations d'eau, notamment à Londres et à Détroit (E.-U.). Les conduites en bois, dit M. G. Bechmann, circulaires à l'intérieur, présentent extérieurement une section carrée ou ronde, et sont parfois renforcées par des armatures en fer. Les joints sont formés, soit par la juxtaposition de 2 abouts plans, soit par l'emboîtement de 2 parties coniques. Les inconvénients du bois, qui se fend et se pourrit vite, sont sa courte durée, son étanchéité imparfaite, le mauvais goût qu'il peut donner à l'eau. Les tuyaux en bois sont les moins coûteux à établir, mais les plus chers à entretenir.

Les tuyaux en *pierre*, très dispendieux, ont été essayés à Dresde (grès), à Prague (marbre), etc. Ils ne sont pas pratiques.

On ne doit jamais faire usage de tuyaux en *zinc*.

Les tuyaux en *fonte* sont les plus employés. La fonte se moule bien, a une grande résistance, une durée presque indéfinie, n'est que très rarement attaquée par l'eau. Aussi la fonte est-elle employée pour les canalisations

d'eau, les conduites publiques de tous diamètres (à l'exclusion des branchements).

Les tuyaux en fonte s'oxydent pourtant dans certains cas et offrent alors des aspérités internes où les matières et les ferments viennent adhérer.

On fabrique des tuyaux en fonte jusqu'à 4 mètres de longueur utile, $1^{m},30$ de diamètre intérieur et pesant jusqu'à 3.500 kilogr., et d'autre part des petits tuyaux de 2 mètres de longueur utile, $0^{m},03$ de diamètre, ne pesant que 12 kilogr.

L'*épaisseur des tuyaux* d'eau et de gaz se calcule au moyen de formules empiriques par lesquelles, en admettant que la résistance de la fonte à la rupture par tension soit de 12 à 14 millions de kilogr. par mètre carré, on cherche à se tenir suffisamment loin de cette limite. Si l'on prend le plus petit des deux chiffres précédents et qu'on se propose de ne pas dépasser le quart de la charge de rupture, on peut, pour la fonte, se servir de la formule :

$$e = 0,000\,16\,D\,H + K$$

e, épaisseur du tuyau.
D, diamètre intérieur.
H, pression statique exprimée en mètres d'eau.
K, constante tenant compte des effets dynamiques, des surcharges accidentelles, etc.

Pour plus de sécurité, on peut donner à H une valeur supérieure à la pression réelle, en la supposant augmentée de 10 ou 20 mètres. La plupart des types en fonte de Paris ont des épaisseurs données par la formule :

$$e = 0,008 + 0,016\,D$$

et sont essayés à 15 atmosphères, quoique la pression réelle de l'eau dans les conduites oscille généralement entre 3 et 10 atmosphères.

L'épaisseur des tuyaux augmentant avec leur section,

le poids au mètre courant croît plus rapidement que les diamètres.

Pour tuyaux en fonte (pour eau ou gaz) on peut encore adopter la formule :

$$e = 8 + \frac{D}{80}.$$

Voici, d'après Konig-Poppe, les formules pour calculer l'épaisseur des tuyaux en matériaux autres que la fonte :

Fer	$e = 0{,}003 + 0{,}0009\ D\ H$
Plomb	$e = 0{,}0052 + 0{,}0024\ D\ H$
Cuivre	$e = 0{,}004 + 0{,}0015\ D\ H$
Asphalte	$e = 0{,}010 + 0{,}004\ D\ H$
Poterie	$e = 0{,}012 + 0{,}005\ D\ H$
Ciment	$e = 0{,}045 + 0{,}054\ D\ H$
Bois	$e = 0{,}027 + 0{,}033\ D\ H$
Pierre	$e = 0{,}030 + 0{,}037\ D\ H$

Assemblage des tuyaux en fonte. — Les tuyaux en fonte étaient autrefois assemblés *à brides* (fig. 5); ils étaient terminés de part et d'autre par une couronne plane percée de trous, et chaque joint était formé de deux de ces couronnes, entre lesquelles on interposait une rondelle de cuir ou de plomb serrée par des boulons passés dans les trous. On achevait le joint par un matage refoulant le plomb et réalisant l'étanchéité.

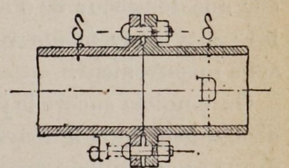


Fig. 5. — Assemblage à brides.

En cas de dilatation ou de tassement du sol, ce système amène souvent la rupture. L'emploi de compensateurs permettant à la conduite de se prêter à certains mouvements n'a été qu'un palliatif insuffisant dans bien des cas. On n'emploie plus guère les brides que pour de faibles longueurs.

L'assemblage à *emboîtement* (fig. 6) est le plus répandu.

Il se compose de deux parties (manchons) mâle et femelle, pénétrant l'une dans l'autre, et laissant entre elles un intervalle que l'on remplit de corde goudronnée, puis de plomb à chaud. Le bout mâle présente ordinairement, du côté intérieur, une bande saillante, plate ou arrondie, qui

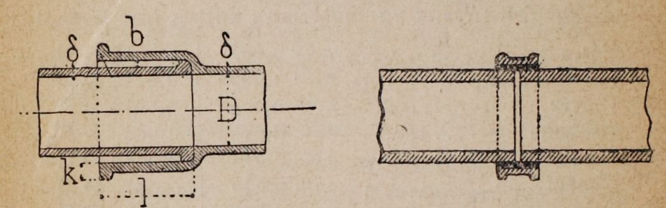


Fig. 6. — Assemblage à emboîtement.

Fig. 7. — Assemblage à bague.

constitue le cordon. Le bout femelle ou emboîtement a une section en forme de tulipe et le bout mâle s'y engage sur une longueur de 0 m. 08 à 0 m. 10. La dilatation et les petits mouvements verticaux peuvent ainsi avoir lieu sans inconvénient.

On emploie encore le joint à *bague* (fig. 7). Les tuyaux, absolument unis à leurs extrémités, sont des cylindres droits sans saillie aucune; on les place bout à bout, en laissant entre eux un intervalle de quelques millimètres, pour permettre la dilatation; cet intervalle est masqué par un petit manchon ou bague de 0 m. 08 à 0 m. 10 de long, qui laisse entre sa face intérieure et la paroi extérieure des tuyaux un espace annulaire qu'on remplit de plomb à chaud. Le joint à bague se recommande pour les conduites en galerie.

Pièces de raccord. — Le raccordement des conduites d'eau entre elles nécessite l'emploi de pièces destinées à former les parties courbes et angulaires, ainsi que les embranchements.

Dans la pose des conduites à emboîtement, lorsque deux cordons se trouvent en regard, on les relie par une pièce à double emboîtement ou par un manchon (cylindre droit), dont le diamètre intérieur est égal à celui de l'emboîtement. Ces manchons droits (fig. 8) ont, à Paris, une

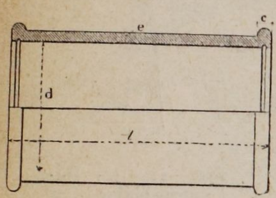


Fig. 8. — Manchon droit.

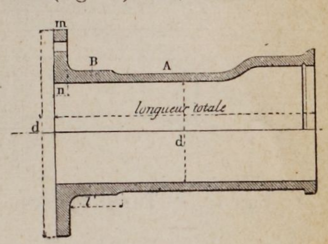


Fig. 9. — Bout d'extrémité.

longueur *l* de 0 m. 40 et servent à raccorder les tuyaux coupés de tous les types ; on les emploie dans les conduites à brides comme compensateurs et dans les conduites à emboîtement comme mode de jonction des bouts de tuyaux substitués, lors de chaque réparation, au tuyau qu'il faut casser.

Toute conduite terminée en impasse se ferme par une plaque pleine en fonte ou en tôle, boulonnée sur l'about de la dernière pièce qui porte une bride percée de trous. Cette pièce, appelée *bout d'extrémité* (fig. 9), est à cordon et à bride ou à emboîtement et bride. Elle a 0 m. 40 de long.

Pour passer d'un diamètre à un autre, on emploie des pièces de réduction, de forme tronconique, pouvant recevoir une longueur quelconque et se terminant par des cordons, des emboîtements et des brides. A Paris, on n'emploie que des tuyaux coniques ou cônes à 2 brides de 0 m. 40 de long (fig. 10), se raccordant avec les conduites de part et d'autre au moyen de bouts d'extrémité.

Les joints à bride et ceux à emboitement se prêtent à

un petit mouvement angulaire, permettant aux conduites de décrire des courbes de grand rayon ; il suffit d'em-

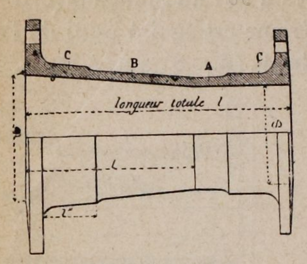


Fig. 10. — Tuyau conique.

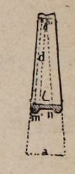


Fig. 11. — Bague biaise.

ployer avec les premiers des rondelles biaises, et pour les autres de faire jouer un peu le bout droit à l'intérieur de l'emboîtement. Mais lorsque le rayon des courbes est trop petit, on se sert de pièces spéciales. A Paris, on em-

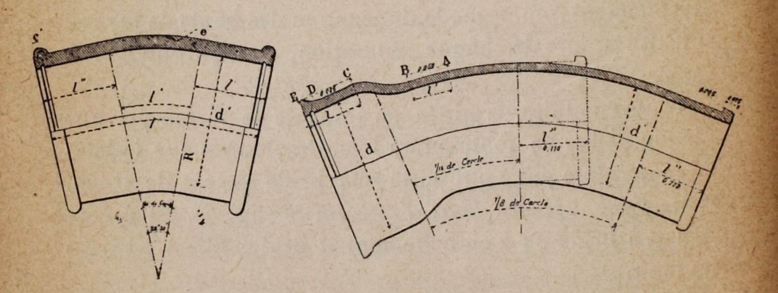


Fig. 12. — Manchon courbe.

Fig 13. — Tuyau courbe à emboîtement et cordon.

ploie la *bague biaise* (fig. 11), qui correspond à un angle de 3 à 9 degrés, le *manchon courbe* (fig. 12), dont l'angle est de 1/16 de cercle ou 22° 5. Si l'on veut que la partie courbe décrive un arc plus allongé, on emploie des coudes au 1/16 ou au 1/8, formés d'une portion de tore se

terminant par des bouts droits à cordon, à emboîtement ou à bride (fig. 13 et 14). Le rayon de l'arc de cercle est, à Paris, de 0 m. 50 pour des tuyaux ayant moins de 0 m. 25 ;

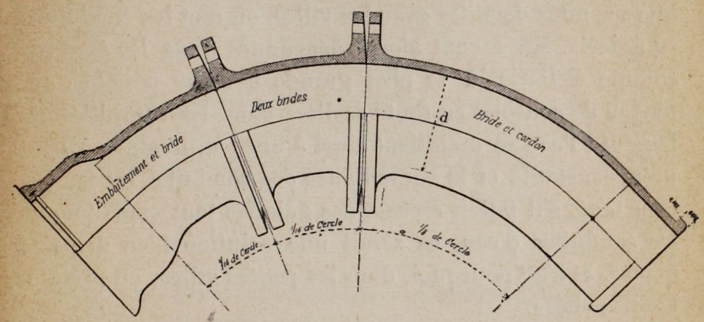


Fig. 14. — Types de tuyaux courbes.

de 1 m. 50 pour ceux de 0 m. 25 à 0 m. 80 ; de 2 mètres pour ceux de 1 m. et 1 m. 10.

Les *manchons à tubulure* (fig. 15) employés à Paris sont des manchons droits avec addition d'une tubulure à bride, d'une longueur *l* d'au moins 0 m. 40 ; la saillie de la tubulure est de 0 m. 15. Quand la tubulure sert à décharger une conduite, elle se place, non plus horizontalement, comme pour les embranchements, mais verticalement, au-dessous de la conduite.

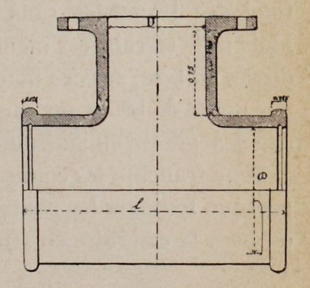


Fig. 15. — Manchon à tubulure.

Pose des conduites. — Les conduites de distribution d'eau se posent ordinairement sous les voies publiques,

soit en terre, au fond d'une tranchée étroite ; soit en galerie, à l'intérieur de souterrains à parois maçonnées construits *ad hoc* ou dans les égouts publics.

Les conduites en terre sont le système le plus économique, mais dans les grandes villes, on met les conduites en galerie. Elles sont alors suspendues dans les égouts, comme à Paris, à la plus grande hauteur possible, au moyen de consoles en fonte scellées dans les murailles de l'égout ; l'eau se maintient ainsi à une température à peu près constante et la surveillance des conduites est facile. Pourtant, s'il fallait creuser des galeries tout exprès pour les conduites d'eau, ce serait une solution bien dispendieuse, et c'est pourquoi, dans les petites villes, on préfère les tranchées.

Pour défendre les tranchées contre tout danger d'écrasement et contre la gelée, il faut réserver entre le sol et le dessus de la conduite une hauteur variable suivant le climat, le mode de revêtement du sol et la nature de la circulation, et comprise entre 0 m. 40 et 2 mètres.

Dans les terrains résistants, les tuyaux se posent au fond des tranchées sans aucune préparation préalable. Mais si le terrain est meuble, on pose les tuyaux sur des dosses en bois, sur des madriers portés par des petits pieux, sur un lit de béton ou sur des arcades légères s'appuyant sur des piliers en maçonnerie.

Pour franchir les cours d'eau, les conduites empruntent presque toujours les ponts existants. Quelquefois pourtant on pose la conduite en *siphon*, dans le lit du cours d'eau.

Butées. — Lorsque les conduites de fort diamètre, dit M. G. Bechmann (1), sont soumises à des pressions considérables, il faut les contre-buter, tant aux coudes qu'aux

(1) Bechmann, *Traité de Salubrité urbaine*.

extrémités. En ces divers points, en effet, la poussée de l'eau tend à déboiter les tuyaux et il peut arriver qu'ils s'ouvrent et donnent lieu à des fuites.

L'effort auquel il s'agit de résister est, à l'extrémité d'une conduite, la pression qui s'exerce normalement sur la partie mouillée de la plaque de fermeture ; dans un coude, c'est la résultante des poussées suivant la bissectrice de l'angle formé par les deux tronçons de la conduite.

La résistance s'obtient soit en appuyant les conduites sur la paroi de la fouille et contre le sol vierge, soit en établissant des massifs de maçonnerie résistant par leur poids.

Tuyaux en terre et en grès. — Ces tuyaux sont ceux qui altèrent le moins la pureté des eaux.

Les tuyaux en grès ordinaire, très économiques, utilisés surtout pour égouts et canalisations à faible pression, s'assemblent souvent comme suit. Deux tuyaux étant bout à bout, on amène un manchon de jonction de manière que le milieu de sa longueur corresponde au joint des tuyaux ; on remplit de ciment l'intervalle entre les tuyaux et le manchon et l'on raccorde les extrémités du manchon avec la surface des tuyaux par un solin en ciment. Ce joint n'a pas d'élasticité.

La maison Doulton fabrique d'excellents tuyaux en grès, avec diamètres intérieurs de :

5 cent.	7 c. 50	10 c.	12 c. 5	15 c. 2	19 c.	22 c. 8

pesant respectivement le mètre :

4 kg.	10 kg.	12 kg.	18 kg.	24 kg.	34 kg.	40 kg.

Les tuyaux de 45 c. 7 de diamètre intérieur pèsent 120 kg. le mètre et ceux de 0 m. 76 pèsent 400 kg.

Les drains en terre cuite commune cuite au dégourdi se pourrissent sous l'action combinée de l'humidité du sol et de l'acidité des eaux résiduaires. Les tuyaux en béton de

ciment s'usent et s'altèrent. Nous avons vu que les tuyaux en fonte, malgré leurs qualités, pouvaient aussi s'oxyder. Aucun de ces inconvénients n'existe avec les tuyaux en grès vernissé, à la pâte serrée et compacte, à l'émail inattaquable aux acides. La Cie de Pouilly-sur Saône (E. Jacob et Cie) fabrique deux catégories de ces tuyaux en grès vernissé :

1° Des tuyaux de moyenne épaisseur, à emboîtement à collet, destinés aux canalisations d'eaux vannes, au drainage des villes et à l'assainissement des habitations, c'est-à-dire à toutes les canalisations devant supporter une pression très faible ou nulle;

2° Des tuyaux épais à emboîtement et manchon destinés aux captations, aux dérivations et aux amenées d'eau de source, c'est-à-dire aux canalisations supportant une pression quelconque.

Les *tuyaux à collet* peuvent résister à une pression de 10 à 20 kilogr. et à une charge externe de 1.200 à 1.500 kilogr.; on leur donne de $0^m,013$ à $0^m,040$ d'épaisseur entre les diamètres de $0^m,05$ à $0^m,60$.

Ces tuyaux devront être placés dans des tranchées ayant des profondeurs variant entre 1 et 4 mètres pour les tuyaux de 3 à 30 centimètres de diamètre. Sans chasse d'eau, la pente doit être d'au moins $0^m,02$ par mètre; avec chasse d'eau, on peut la réduire jusqu'à $0^m,001$ par mètre.

Les joints des tuyaux en grès à collet se font avec un mortier composé de ciment à prise demi-rapide, gâché avec une égale quantité de sable tamisé très fin.

Les tuyaux en grès vernissé *à emboîtement à manchon* sont fabriqués à Pouilly-sur-Saône pour résister à une pression de 60 à 100 kilog. et à une charge extérieure de 2.000 à 2.500 kilogr. Ils ont des épaisseurs variant de $0^m,018$ à $0^m,029$ pour les diamètres de $0^m,03$ à $0^m,30$ et des poids de 6 à 119 kilogr. le mètre. Leur emploi est indiqué

pour les conduites d'eau sous pression, dont la charge est inférieure à 30 mètres et qui sont construites pour éviter des chocs ou coups de bélier (1).

Le *manchonnage*, c'est-à-dire la fixation du manchon à bain de mortier de ciment à l'extrémité du tuyau, se pratique ainsi (fig. 16 et 17) :

Sur un madrier horizontal, on place 10 à 15 manchons, qu'on remplit à moitié de sable fin tassé ; sur ce sable, on verse du mortier de ciment sur lequel on pose une rondelle de tôle d'un diamètre plus grand que le diamètre intérieur du

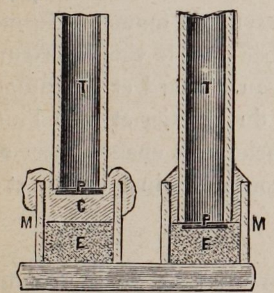
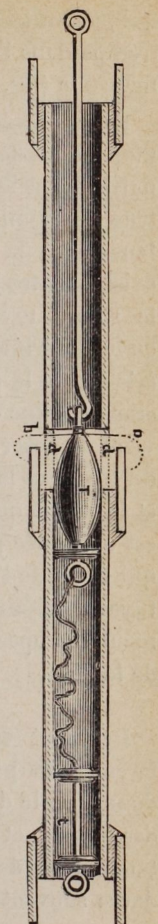


Fig. 16. — Manchonnage. M, Manchon. T, Tuyau. C, Ciment. P, Plaques de tôle. E, Sable.

tuyau. On place verticalement un tuyau sur la rondelle et on appuie pour faire refluer le ciment dans le joint, qu'on lisse ensuite avec la truelle. Quand le mortier a fait prise, on incline le tuyau et l'on chasse la plaque de tôle et le sable avec un bâton ; enfin on enlève au burin ce


Fig. 17. — Manchonnage.
b, ciment reflué
d, cavité annulaire
J, joint
T, tampon,
t, traînard

(1) Pour les charges supérieures à 30 mètres, on emploiera toujours des tuyaux en fonte.

qui pourrait rester de ciment au bout du tuyau, que l'on trempe dans l'eau pour enlever le sable de l'intérieur du manchon (fig. 16 et 17).

Pour procéder à la pose, on place un premier tuyau manchonné des deux bouts, dans lequel on enfonce le traînard, la corde et le tampon, de façon que ce dernier obstrue l'extrémité du tuyau que l'on veut jointoyer. On lance avec la truelle le mortier dans la cavité annulaire existant entre le manchon et le tampon, puis l'on présente le second tuyau, que l'on introduit dans la cavité précitée en lui imprimant un léger mouvement de rotation, de façon à le serrer le plus possible contre le tuyau précédent. Le ciment reflue de chaque côté des parois du tuyau que l'on vient de poser. La partie enserrée entre la paroi externe du tuyau et la paroi interne du manchon forme le joint, et la partie qui est tombée dans le vide intérieur du tuyau est entraînée par le tuyau d'abord et le traînard ensuite qui ramasse l'excédent du mortier et lisse l'intérieur du tuyau. Le joint du manchon est ensuite lissé extérieurement et l'opération se continue ainsi au fur et à mesure de la pose.

Devis et cahier des charges de la fourniture de tuyaux et pièces en fonte. — Nous croyons devoir donner ici le devis et le cahier des charges de la fourniture des tuyaux et pièces en fonte pour la ville de Paris, certains ainsi de publier un document officiel auquel on devra souvent se reporter.

CHAPITRE PREMIER. — *Indications générales.*

Article premier. — L'entreprise s'applique à la fourniture pendant trois années, à dater de l'adjudication, des tuyaux et

des pièces de fonte nécessaires aux conduites d'eau dont l'entretien et la pose sont réservés aux entrepreneurs d'entretien de la fontainerie de la Ville de Paris, ainsi que des plaques et tampons de regard d'égout (nouveau modèle), dont la commande aura été faite dans le courant desdites années.

Art. 2. — Le montant des fournitures est évalué approximativement à mille tonnes par an. Mais ce chiffre n'est donné qu'à titre de renseignement et pourra être diminué de moitié ou doublé sans que l'adjudicataire puisse élever aucune réclamation à ce sujet.

Art. 3. — Le cautionnement est fixé à la somme de 15.000 francs.

Il sera fourni, soit en obligations de la Ville de Paris, soit en rentes sur l'État au porteur et au cours de la veille du jour de l'adjudication. L'adjudicataire en touchera les arrérages. Les titres amortis seront remplacés par des titres de même nature.

Art. 4. — Les pièces présenteront exactement les dimensions et les formes indiquées à l'album des types joint au présent devis, et elles devront avoir également les poids inscrits audit album.

CHAPITRE II. — *Provenance et qualité de la fonte. — Mode d'exécution.*

Art. 5. — Les pièces de fonte devront être fabriquées dans des fonderies françaises.

Art. 6. — La fonte sera de la meilleure qualité, point aigre, bien homogène, susceptible d'être travaillée à la lime, sans fente ni écornure.

Pour en constater la qualité, on la soumettra à l'épreuve suivante : il sera coulé par chaque fusion une paire de barreaux d'épreuve dans du sable très sec; l'agent de la Ville, présent à la fusion, déterminera le moment où les barreaux devront être coulés.

Ces barreaux auront $0^{m},04$ d'équarrissage et seront terminés par des appendices disposés en vue de s'opposer au retrait. Un barreau placé horizontalement sur deux couteaux, espacés de $0^{m},16$ devra supporter, sans se rompre, le choc d'un mouton de 12 kilogrammes tombant librement sur le barreau, de $0^{m},40$, de hauteur, au milieu de l'intervalle des deux points d'appui.

L'enclume supportant les couteaux aura un poids d'au moins 800 kilogrammes.

Les barreaux pourront aussi être travaillés au tour, puis soumis à des épreuves de résistance, à la traction ou à la flexion. A la traction ils ne devront se rompre que sous un effort de 13k,5 par millimètre carré.

Tous les tuyaux droits seront coulés debout.

Le moulage devra être fait avec des précautions telles qu'il ne se trouve aucune bavure. Les parois intérieures et extérieures des pièces devront être lisses et parfaitement nettoyées de sable avant d'être coltarisées.

Les brides ne pourront être percées que suivant les modèles étalons en zinc, indiquant l'espacement et les dimensions des trous et qui seront remis à l'entrepreneur par l'Administration. Les brides des pièces de plus de $0^m,40$ de diamètre intérieur ne seront pas percées, mais les brides des tubulures de ces pièces devront être percées, si le diamètre intérieur des tubulures est inférieur à $0^m,40$.

Art. 7. — Chaque pièce portera une marque en relief, en caractères de $0^m,01$ de hauteur au moins, indiquant en toutes lettres le nom de l'usine dans laquelle elle aura été fondue.

Cette marque sera placée sur le fil de l'emboîtement ou de la bride ou à $0^m,20$ de l'extrémité si la pièce n'a ni emboîtement ni bride.

Art. 8. — A une distance d'un centimètre de leur origine, tous les emboîtements seront évidés suivant une surface annulaire de six millimètres de diamètre ($0^m,006$).

Art. 9. — Toutes les pièces des fontes, avant d'être livrées, seront enduites de coaltar, mais la coltarisation ne sera faite qu'après l'examen et l'épreuve des pièces, dont il sera parlé au chapitre suivant.

On ne recevra aucune pièce sur laquelle on apercevrait des vestiges de rouille.

Art. 10. — L'entrepreneur ne fera aucune fourniture que sur une commande écrite des Ingénieurs.

Cette commande déterminera la nature et le nombre des pièces à fabriquer ; l'entrepreneur en accusera réception dans un délai de cinq jours.

CHAPITRE III. — *Mode de réception. — Livraisons et délais.*

ART. 11. — L'adjudicataire sera soumis aux vérifications à l'usine que l'Administration jugera convenable d'ordonner pour s'assurer de la qualité de la fonte, comme il est dit à l'article 6 ci-dessus et pour vérifier si toutes les précautions propres à garantir une bonne exécution sont prises, tant pour le parfait dressage des modèles que pour l'exact ajustement des châssis, et pour les soins de moulage et de percement.

L'agent délégué par la Ville procédera, en outre, en présence de l'entrepreneur ou de son représentant, aux vérifications et épreuves suivantes :

Chaque pièce sera examinée tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Ses dimensions seront mesurées et on la frappera à petits coups de marteau pour s'assurer s'il n'y a ni chambres ni soufflures.

On rebutera les tuyaux :

1° Dont on aurait caché les défauts avec du plomb, du mastic ou autrement ;

2° Dont l'épaisseur non uniforme dans le pourtour présenterait entre son maximum et son minimum une différence supérieure à la limite accordée ci-après ;

3° Dont l'emboîtement aurait un des diamètres intérieurs plus grand ou plus petit que le diamètre prescrit, d'une quantité dépassant la tolérance ;

4° Dont le bout mâle aurait un de ses diamètres extérieurs présentant un vice analogue.

On rebutera aussi les bagues qui auraient l'un des défauts signalés au paragraphe 3.

Les tolérances concédées pour les différences d'épaisseur des tuyaux, les excédents des emboîtements et les moins-trouvés des bouts mâles seront de 0m,003 pour les tuyaux de 0m,25 de diamètre et au-dessous, et de 0m,004 pour les autres.

Ces tolérances seront de moitié seulement pour les moins-trouvés des emboîtements et pour les excédents des bouts mâles.

Les tuyaux droits seront essayés à la presse hydraulique sous une pression de 15 atmosphères.

Lorsqu'il y aura suintement avec bouillonnement, et, à plus

forte raison, si l'eau s'échappe par petits jets, le tuyau sera rebuté. Si la dixième partie d'une coulée ne résiste pas aux essais, tous les tuyaux compris dans cette coulée seront rebutés.

Toutes les pièces seront pesées; celles dont les poids ne seront pas inférieurs d'un vingtième aux poids normaux indiqués dans les tableaux dressés par l'Administration seront reçues si elles résistent aux épreuves; il en sera de même de celles qui présenteraient des poids trop forts. Mais si le poids total des pièces fournies dans une année dépasse le total des poids réglementaires de ces pièces, l'excédent ne sera pas compté au fournisseur.

Il sera dressé, de chaque réception, un procès-verbal qui sera immédiatement soumis pour acceptation à la signature de l'entrepreneur; chaque pièce figurera sur le procès-verbal avec son poids et son numéro d'ordre, qui sera peint à l'huile sur le tuyau. Les pièces au-dessous du diamètre de $0^{m},300$ pourront être groupées pour le pesage jusqu'au poids maximum de 600 kilogrammes.

Une expédition de ce procès-verbal sera remise à l'entrepreneur, et la minute restera entre les mains de l'Ingénieur pour servir à la rédaction du compte de l'entreprise.

Art. 12. — Le fournisseur, après la réception des tuyaux, devra les transporter de l'usine aux dépôts spéciaux de la Ville ou à pied d'œuvre sur tous les chantiers établis par le service municipal; suivant les ordres qui lui auront été donnés. Ses charretiers devront toujours être munis de lettres de voitures qui porteront la désignation précise des diverses pièces composant le chargement, faute de quoi il pourrait être refusé.

Lorsque les livraisons seront faites au dépôt des fontes, quai d'Austerlitz, les frais de déchargement et de rangement des pièces seront au compte de la Ville de Paris, qui fera exécuter ces manutentions par l'équipe d'ouvriers qu'elle y entretient en permanence.

Celles qui ne seraient pas dans un état de propreté qui en permette l'examen seront rigoureusement refusées.

Les pièces refusées pour une cause quelconque devront être immédiatement enlevées par les soins et aux frais de l'entrepreneur.

Si, après l'arrivée des tuyaux, ou dans le cours de la pose, on signalait dans une pièce de fonte un défaut provenant soit du transport à la charge du fournisseur, soit de la fabrication, le

fournisseur en restera responsable nonobstant la réception provisoire à l'usine. La pièce rebutée sera réintégrée au dépôt si elle en est sortie, le tout aux frais de l'entrepreneur, qui devra l'enlever et la remplacer dans les délais qui lui seront prescrits.

Art. 13. — L'Administration se réserve le droit de faire procéder, au dépôt du quai d'Austerlitz, aux épreuves, pesées et réception, qui, d'après l'article 11, doivent être opérées à l'usine, sans que l'entrepreneur puisse élever aucune réclamation à ce sujet.

Dans les deux cas, il supportera tous les frais de pesées et d'essais; seulement, pour les opérations faites au dépôt, il n'aura pas à fournir la presse hydraulique et l'eau, ni la bascule, qui seront mises à sa disposition par la Ville. Il pourra également, dans ce dernier cas, se servir, pour la coltarisation, des appareils installés au dépôt.

Art. 14. — L'entrepreneur aura un délai unique d'un mois après l'approbation de l'adjudication pour exécuter tous les modèles des pièces qu'il peut être appelé à fournir d'après le devis.

Ce temps passé, il lui sera accordé, pour toutes ses fournitures, un délai uniforme d'un mois à dater de chaque commande pour mise en fabrication des pièces, épreuves et réception, transport au lieu indiqué.

En dehors de ce délai, il ne lui sera accordé que les délais de fabrication, calculés sur les bases ci-après :

Un jour par 50 tuyaux droits de $0^m,15$ de diamètre et au-dessous;

Un jour par 30 tuyaux droits de $0^m,20$ à $0^m,30$ de diamètre;

Un jour par 20 tuyaux droits de $0^m,35$ à $0^m,40$ de diamètre;

Un jour par 10 tuyaux droits de $0^m,50$ à $1^m,10$ de diamètre;

Un jour par 5 trappes de regard.

Les livraisons seront faites sans discontinuité, de manière à ce qu'il n'y ait jamais à l'usine plus du produit de la fabrication d'une semaine, éprouvé et reçu.

Ces livraisons seront composées en pièces de toute nature, dans la proportion où elles figurent aux commandes, de manière que les tuyaux droits soient toujours précédés des consoles, bagues et pièces de raccord nécessaires à leur emploi. Aucun délai en sus de ceux qui ont été fixés pour la livraison des tuyaux droits n'est donc accordé que pour les pièces accessoires, à moins

que celles-ci (bagues et consoles non comprises) ne représentent en nombre plus de 10 o/o des tuyaux droits de même diamètre. Dans ce dernier cas, les pièces en excédent sur la proportion indiquée compteraient dans le calcul du délai, chacune pour un tuyau.

Lorsqu'une commande comprendra plus d'une bague ou de deux consoles par tuyau droit uni, les bagues ou consoles en excédent compteront dans les délais à raison de dix pour un tuyau.

Lorsqu'il résultera de l'accumulation des commandes successives que la production de l'usine devrait dépasser 20 tonnes par jour pour fabriquer, dans les délais susindiqués, les pièces demandées, le temps accordé à l'entrepreneur sera prolongé de ce qui sera nécessaire pour que la production quotidienne reste dans la limite de 20 tonnes.

L'entrepreneur, tout en observant les délais susindiqués, devra suivre, dans la fabrication des différentes natures de pièces, l'ordre de priorité qui lui sera fixé.

Il sera dressé des états de fournitures en retard qui serviront de base au calcul des retenues à opérer sur le décompte de l'entrepreneur, conformément à l'article 18 ci-après.

CHAPITRE IV. — *Prix des fournitures, conditions particulières et générales.*

Art. 15. — Le prix des fontes sera réglé au kilogramme d'après l'offre indiquée sur la soumission qui sera agréée.

Ce prix comprend les frais de toute nature à faire jusqu'à livraison et réception complète, sauf ce qui a été dit à l'article 12 ci-dessus, au sujet des frais de manutention au dépôt d'Austerlitz.

Il comprend, en outre, les droits d'octroi actuellement en vigueur pour l'entrée à Paris.

Il sera également appliqué aux livraisons faites hors Paris, mais, dans ce cas, sous la réserve d'une déduction correspondant à la différence ou à l'inexistence des droits d'octroi.

Art. 16. — L'adjudicataire sera tenu de reprendre, dans l'état où elles se trouveront, les vieilles fontes mises hors de service, et ce, jusqu'à concurrence de 15 o/o du poids des fontes neuves fournies.

La valeur de ces vieilles fontes sera portée en déduction sur

les décomptes et calculée à un taux égal aux trois dixièmes (3/10) du prix soumissionné.

Art. 17. — Il est expressément entendu que le prix consenti par l'adjudicataire ne pourra subir de changement dans aucun cas, quelles que soient d'ailleurs les variations que viendraient à subir les droits de douane et de navigation.

Il n'est fait d'exception que pour les droits d'octroi dont les changements sont à la charge comme au bénéfice de la Ville.

Art. 18. — Les retenues à exercer sur les fournitures en retard seront encourues de plein droit et calculées, pour chaque semaine de retard, à raison de 1 o/o sur la valeur des tuyaux droits et de 5 o/o sur celles des pièces de raccord et trappes de regard.

En cas d'urgence signalée antérieurement à l'entrepreneur, l'Administration pourra compléter les fournitures en retard aux frais de l'entrepreneur.

Lorsque l'entrepreneur ne se conformera pas aux délais indiqués dans les ordres de service pour l'enlèvement des vieilles fontes ou des fontes rebutées, il sera passible de plein droit, pour chaque semaine de retard, d'une retenue calculée à raison de 2 o/o de la valeur des fontes à enlever.

Les retenues seront notifiées à l'entrepreneur et portées à son compte.

Art. 19. — Le paiement des fournitures annuelles se fera par acomptes jusqu'à concurrence des neuf dixièmes de la dépense faite; le dernier dixième, retenu comme garantie, ne sera payé que dans le premier trimestre de l'année suivante.

Art. 20. — L'adjudicataire devra avoir à Paris un mandataire dûment accrédité auquel seront valablement notifiées les communications de l'Administration.

Art. 21. — L'adjudicataire sera tenu, à peine de nullité du marché, d'acquitter, dans les trois jours qui suivront celui de l'adjudication, le montant des droits de timbre, d'enregistrement et autres, auxquels l'adjudication aura donné lieu, et notamment ceux d'impression du présent devis et de l'album des types qui devra y demeurer annexé.

Art. 22. — L'entrepreneur sera soumis aux clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs des Ponts et Chaussées par décision de M. le Ministre des Travaux publics, en date du 16 novembre 1866, en toutes les dispositions auxquelles il n'est pas formellement dérogé par le présent devis.

Le présent devis dressé par l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées, chargé de la Direction des Eaux de la Ville de Paris.

Epreuves des tuyaux. — Les tuyaux de conduite, de vidange, les tuyaux de chutes et les drains doivent subir, avant d'être mis en service, des épreuves attestant leur imperméabilité à l'air et aux fluides.

On refoule de la fumée dans les tuyaux au moyen d'un appareil appelé *asphyxiator*. C'est une boîte en métal disposée pour brûler du papier ou du chiffon et surmontée d'un ventilateur actionné par un jeu de poulies. Au moment de l'épreuve, tous les orifices, sur la plomberie et les tuyaux, doivent être hermétiquement fermés avec du plâtre ou du ciment. S'il y a le moindre défaut, l'odeur de la fumée ne tarde pas à le révéler.

L'épreuve par l'eau se fait en tamponnant la canalisation à sa partie la plus basse dans son extrémité aval, avant sa jonction sur l'égout, et en la remplissant d'eau. Un abaissement dans le plan d'eau, au bout de quelques heures, dénonce les fuites. Dans les essais sur des chutes desservant 5 ou 6 étages, il faut sectionner en 2 ou 3 parties pour éviter une trop grande pression sur la canalisation.

Règlementation des conduites d'eau et de gaz. — *Ecoulements d'eau dans les routes et chemins du département de la Seine.* — Arrêté préfectoral du 11 juillet 1891, remplaçant le règlement du 19 juin 1888.

Art. 5. — Les particuliers ou les Compagnies qui auront obtenu l'autorisation d'établir ou de remplacer les tuyaux de conduite d'eau ou de gaz sous la voie publique devront se conformer aux conditions suivantes :

1° Avant de commencer les travaux, ils déposeront au bureau de l'ingénieur ordinaire un plan indiquant le tracé des conduites, ainsi que leurs divers branchements, à l'échelle de 0,005 par m.

pour les traverses, et de 0,001 par m. pour les parties de routes et chemins en rase campagne;

2° Les tuyaux seront posés à 0 m. 60 de profondeur;

3° Les tranchées longitudinales ne seront ouvertes qu'à mesure de la pose des tuyaux, et les tranchées transversales sur la moitié seulement de la largeur de la voie. Les parties de tranchées qui ne pourraient être comblées avant la fin de la journée seront défendues, pendant la nuit, par des barrières éclairées;

4° Préalablement au comblement des tranchées, les conduites de gaz seront mises en charge et flambées, afin qu'on s'assure s'il n'y existe pas de fuites;

5° Le remblai des tranchées, après la pose des conduites, sera fait par couche de 0m15 et chaque couche sera pilonnée. Les pavés et autres matériaux seront ensuite rebloqués, de manière à ne pas former une saillie de plus de 0 m. 05.

Après l'exécution de chaque partie de travail, le permissionnaire fera enlever les terres, gravois et immondices qui en proviendront, de manière à rendre la voie publique libre. Si l'enlèvement n'est pas fait dans les 24 heures, il sera exécuté d'office et à ses frais.

Quant aux travaux nécessaires pour remettre en état la chaussée et les trottoirs, ils seront effectués par les ingénieurs du service vicinal...

Hérissons hydrauliques pour nettoyage des conduites d'eau. — Les conduites d'eau en métal se couvrent, par oxydation intérieure, de champignons d'oxyde ou fungus. Quelle que soit la nature de leurs matériaux, les conduites d'eau se garnissent de dépôts plus ou moins cristallisés, d'algues, de végétations variées, de mollusques. Le débit du tuyau obstrué en est diminué.

M. Appold, ingénieur anglais, a imaginé il y a 30 ans de nettoyer ces conduites en les ramonant avec un hérisson analogue à celui des fumistes. M. Kennedy a perfectionné le procédé qui est aujourd'hui très employé.

Le hérisson consiste en un axe métallique sur lequel se trouvent disposées des pointes et des griffes. Un disque à

roulettes fait du hérisson un petit chariot; à l'arrière est emmanché un piston à garniture de cuir formant joint élastique.

Pour se servir de l'appareil, on l'introduit dans la conduite d'eau à ramoner, que l'on a préalablement fermée. Puis on laisse revenir, derrière lui, l'eau sous pression. La pression force le hérisson à s'avancer et il parcourt la conduite en arrachant tout ce qui lui résiste avec un ronflement caractéristique.

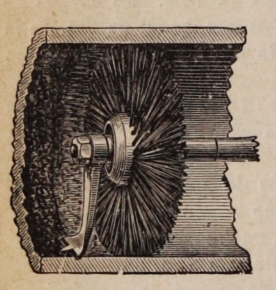


Fig. 18. — Outil pour curage d'égouts.

Ce ronflement, appelé « chant du hérisson » permet, à des hommes embusqués le long de la canalisation, de savoir si l'appareil marche bien.

Il arrive parfois qu'il est retenu en route par quelque

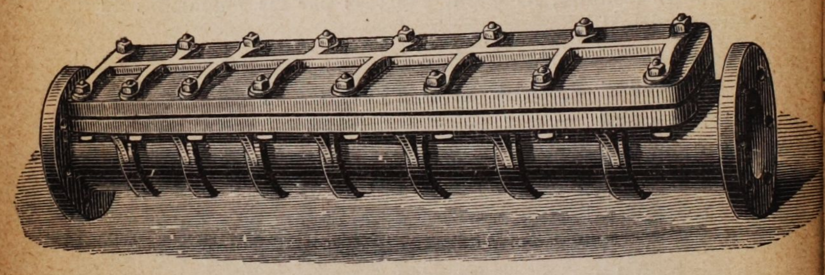


Fig. 19. — Tuyau d'introduction de l'appareil de curage dans la conduite, y compris pièces à emboîtement et cordon boulonnés.

encombrement. Il faut alors arrêter un instant la pression de l'eau et envoyer, derrière le hérisson, un tampon de foin qui le pousse.

Dans le cas fort rare où l'appareil resterait bloqué, il faudrait démonter la conduite.

L'emploi du hérisson exige la construction de regards sur les canalisations, qui coûtent de 400 à 500 francs par kilomètre.

Les fig. 18 et 19 représentent des appareils de Glenfield-Kennedy pour curage de tuyaux.

Robinet d'arrêt et de décharge. — Lorsqu'on répare les conduites ou qu'on établit des branchements, il faut mettre les conduites d'eau à sec et par conséquent interrompre l'arrivée de l'eau dans la portion de conduite à réparer et faire écouler celle qui y est contenue.

Pour cela, il faut un robinet d'arrêt à l'origine de la distribution et de distance en distance, et un robinet de décharge à chaque point bas de la conduite. On peut ainsi isoler une partie de la conduite et n'interrompre le service que sur une petite portion de la distribution.

Puisque chaque point bas doit être muni d'un robinet de décharge, et qu'il faut un de ces robinets entre deux robinets d'arrêt, ces derniers robinets devront, en général, être placés sur les sommets.

Filtrage des eaux en grand. — Nous étudions dans un autre volume (1) les divers procédés de filtrage domestique, nous montrons comment quelques-uns de ces procédés ont pu être appliqués à de grandes quantités d'eau.

Un ingénieur autrichien, M. Breyer, a imaginé un appareil peu encombrant, moins coûteux que les filtres à sable, pour filtrer les eaux des cours d'eau. Le filtre Breyer, expérimenté à Paris en 1895, se compose d'une caisse en fonte montée sur une colonne. Cette caisse, qui contient les filtres, est de forme carrée et mesure un mètre de côté. Sa hauteur est de 1 m. 80. Elle se compose de caissons

(1) Barré, *la Maison salubre*.

réunis par des boulons. Les tuyaux d'alimentation, de distribution, de décharge communiquent avec la caisse à laquelle une petite pompe à vapeur est accolée. Voici une bâche pleine d'eau trouble, une autre pleine d'eau où l'on a versé du bleu marin et de la poudre d'argile, matières réputées pour encrasser les filtres ; un ouvrier met la pompe en mouvement ; l'eau trouble aspirée monte dans la caisse et en sort, par le tuyau de distribution, entièrement limpide. La bâche vidée, on procède de la même façon pour le mélange d'eau bleue et de poudre d'argile. La pompe se met en route et l'eau apparaît encore immaculée à la distribution. Il a suffi de 6 minutes une seconde pour vider la bâche d'eau teintée, soit 3.000 litres d'eau environ, et en remplir une autre d'eau filtrée propre à tous les usages.

M. Breyer se sert, comme m[illegible]re filtrante, de l'amiante. Sa caisse de fonte contient 20 filtres, qui représentent une surface filtrante de 20 mètres carrés. Il a donc établi, dans un appareil qui occupe à peine 1 mètre carré, une superficie filtrante considérable. Chacun des filtres a la forme d'une large palette de rame de bateau. Ils se composent d'une plaque de cuivre creusée de cannelures et enfermée dans des feuilles de cuivre percées d'une multitude de petits trous. Le tout est recouvert de tissu. Les 20 filtres sont placés verticalement les uns à côté des autres dans la caisse de fonte. Ils communiquent par leur partie inférieure avec un tuyau collecteur d'eau.

L'amiante réduite à l'état de fibrilles, M. Breyer en fait une émulsion qu'il mêle à l'eau à filtrer. La pompe entre en mouvement et l'amiante, emportée par l'eau, va se déposer en une couche de 1/10e de millimètre sur les deux faces de chaque filtre. L'appareil est désormais en état de fonctionner et de fournir 500 mètres cubes d'eau filtrée par 24 heures.

Le décrassage des filtres se fait à l'aide de brosses mues mécaniquement, sans qu'il soit besoin de rien démonter. Quand le décrassage est opéré, on stérilise le tout à l'aide d'un jet de vapeur à 130 degrés ; c'est l'affaire de quelques minutes, puis l'appareil fonctionne à nouveau.

Avec un des simples éléments du filtre Breyer relié à une pompe à main, on possède un filtre qui peut rendre les plus grands services aux troupes en campagne. Il suffit, après l'avoir recouvert d'amiante, d'immerger le filtre dans un cours d'eau quelconque pour obtenir une eau débarrassée, assure-t-on, de ses impuretés.

La filtration des eaux en grand a été essayée par beaucoup de villes. Londres, depuis 1839, utilise les filtres à sable, de même que Berlin, Varsovie, Hanovre, Altona, Zurich, Hambourg, Kœnigsberg. Les galeries filtrantes ou galeries captantes ont été usitées à Nancy, Toulouse, Lyon, Angers (1). Les filtres en pierre artificielle ont été essayés à Worms.

En France, en 1892, sur 95 villes épurant leurs eaux d'alimentation, les procédés mis en usage se décomposaient ainsi, d'après M. Bechmann :

18	villes avec	581.251	habitants emploient	la décantation.
20	—	941.713	—	les galeries filtrantes.
2	—	45.900	—	les puits filtrants.
8	—	102.714	—	les filtres à sables et gravier.
15	—	189.609	—	les filtres à sable, gravier et charbon.
32	—	500.651	—	des procédés divers.

En 1894, la ville de Paris ouvrit un concours pour l'invention du meilleur procédé d'épuration ou de stérilisation des eaux de rivière. 148 dossiers furent examinés par le jury, mais aucun projet ne fut primé pour les rai-

(1) Voy. Guichard, *l'Eau dans l'industrie*. Paris, 1894. — Guinochet, *les Eaux d'alimentation : épuration, filtration, stérilisation*. Paris, 1894. — Coreil, *l'Eau potable*. Paris, 1896.

sons suivantes, indiquées dans le rapport du Dr A.-J. Martin, qui expose ainsi l'état de la question en 1896 :

1° Le concours ouvert par la ville de Paris, en vue de rechercher le meilleur procédé d'épuration ou de stérilisation des eaux de rivière pour l'alimentation d'une ville ou d'établissements populeux, témoigne une fois de plus qu'il est actuellement impossible d'obtenir par aucun filtre, grand ou petit, et d'une manière permanente, une eau comparable à l'eau de source convenablement choisie, bien captée et suffisamment protégée. La véritable épuration de l'eau de boisson consiste dans l'approvisionnement en eau de source.

2° Les conditions actuelles de l'alimentation de Paris en eau potable rendent nécessaire, notamment pour parer aux insuffisances momentanées de l'approvisionnement en eaux de sources, l'installation d'appareils susceptibles d'assurer à tout ou partie de l'agglomération des eaux de rivières recueillies dans les conditions les plus favorables et convenablement épurées avant leur distribution.

3° Le seul procédé qui paraisse actuellement applicable à la filtration en grand de tout ou partie de l'eau d'alimentation consiste dans l'épuration par le sable, avec ou sans addition de procédés d'oxydation des matières organiques à l'aide de réactifs inoffensifs, avec ou sans addition de bassins de décantation.

4° Quel que soit le procédé adopté, il doit être l'objet d'une surveillance constante, tant au point de vue de son fonctionnement technique qu'à l'égard de l'analyse chimique et de l'analyse bactériologique ; les dispositifs doivent être tels que, si une partie quelconque du filtre devient suspecte ou défectueuse, elle puisse être immédiatement supprimée et remplacée par une autre partie préalablement préparée à cet effet.

5° Lorsque, dans une agglomération limitée, telle qu'une école, un lycée, une caserne, un hôpital, etc., l'eau distribuée est suspecte ou manifestement souillée, il faut alors, quand elle doit servir comme eau de boisson, la faire préalablement bouillir et la maintenir aérée à l'abri des poussières atmosphériques. Il convient, en pareil cas, de proscrire tous procédés de filtration ou d'épuration jusqu'ici connus, dont l'entretien, le nettoyage et la surveillance sont pratiquement irréalisables.

Épuration des eaux par le fer métallique. — A la suite d'essais concluants, faits en 1890-92 à Boulogne-sur-Mer, relatifs à l'épuration des eaux de rivière par le fer

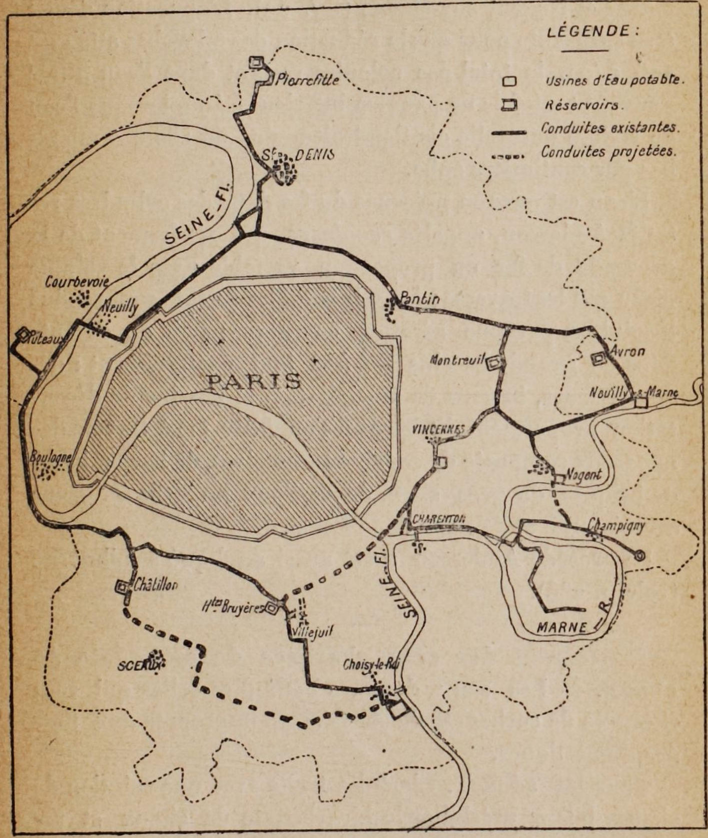


Fig. 20. — Réseau des canalisations de la Compagnie générale des eaux pour la banlieue de Paris.

métallique, le département de la Seine, dans son traité du 21 janvier 1894 avec la Compagnie des eaux pour la ban-

lieue de Paris, supprima l'eau de rivière naturelle dans les communes de la banlieue, et les remplaça par de l'eau traitée au fer métallique, puis filtrée, dans 3 établissements qui furent établis en 1894-95 à Choisy-le-Roi, Neuilly-sur-Marne et Nogent-sur-Marne (fig. 20). L'épuration devait être suffisante pour que la réduction des microbes atteignît 996 o/oo, le total des colonies restant dans l'eau filtrée pouvant toutefois ne pas être inférieur à 400, lorsque l'eau de rivière naturelle contiendrait moins de 100.000 microbes par centimètre cube.

L'eau est mise en présence du fer dans des cylindres rotatifs Anderson, appelés *revolvers*, qui renferment de la grenaille de fer en proportion variable avec le volume d'eau qui les traverse ; les sels solubles formés sont rendus insolubles par une aération énergique; puis on décante dans de grands bassins *ad hoc* (qui comprennent : dégrossisseurs, bassins de précipitation et bassins de décantation proprement dits), enfin l'on filtre (1) à travers des appareils composés de couches successives, de bas en haut, de briques, de gros silex, de cailloux lavés de grosseur décroissante et de sable de la Loire.

Le procédé Anderson a été aussi appliqué à Libourne (voir p. 266).

Traitement des eaux chargées de carbonate de chaux. — Les eaux dures, c'est-à-dire celles qui sont chargées de carbonate de chaux, sont impropres aux usages domestiques.

Pour les adoucir, Clark les traite avec une solution de chaux, laisse précipiter le bicarbonate de chaux et re-

(1) Pour les détails de l'installation de Choisy-le-Roi, voir *le Génie civil* du 21 mars 1896 et pour l'ensemble de l'alimentation d'eau des environs de Paris, consulter *Revue d'hygiène,* janvier 1897.— Voyez aussi Du Mesnil, *Alimentation de la banlieue de Paris en eau épurée et filtrée.* (*Ann. d'Hyg.*, 1896, tome XXXVI, p. 128.)

cueille l'eau dans des réservoirs. Porter sépare le bicarbonate avec des presses. H. Atkins emploie des disques quisupportent des feutres filtrants, lesquels peuvent se nettoyer facilement, sans démontage des filtres. Ce dernier procédé a été appliqué aux eaux de distribution de Southampton, en 1892, qui sont prises dans la craie. La chaux nécessaire est brûlée dans des fosses ; quand elle est refroidie, elle est réduite en poudre dans des mortiers. On en fait alors un lait de chaux qui arrive dans un réservoir où une compression d'air le maintient dans un état constant d'agitation. Le mélange du lait de chaux à l'eau dure s'opère dans des réservoirs en fer ; l'eau adoucie s'écoule vers une auge de distribution. Elle séjourne une heure dans un réservoir où le bicarbonate se précipite, puis passe sur des filtres de coton et tombe, clarifiée, dans la distribution.

Stérilisation des eaux par l'électricité. — Le baron hollandais Tyndall prend l'eau la plus contaminée ; il la met dans un récipient en verre, lui envoie une poussée d'air électrisé par un courant de 10.000 à 30.000 volts, et aussitôt les microbes sont désorganisés ; il n'y a plus que des sels. L'eau, jaunâtre avant la décharge de l'ozone dans le récipient, devient pure comme le cristal de roche.

Le Dr Roux a préconisé en 1895 le procédé qui, s'il est rendu pratique et économique, résoudrait définitivement la question de l'alimentation de l'eau dans les villes, puisqu'il permettrait de stériliser, et par suite de rendre potable, l'eau la plus chargée de microbes en l'ozonisant (voir p. 135).

Purification des eaux par l'addition d'eau de mer et l'électrolyse. — La ville de New-York a fait l'application du procédé Woolf, qui consiste à électrolyser de l'eau de mer et à envoyer ensuite cette eau de mer électrolysée dans l'eau destinée à l'alimentation, qu'elle purifie.

En effet, ainsi que M. Hermitte l'avait déjà indiqué en France, si l'on fait passer un courant électrique à travers de l'eau de mer, les chlorures, bromures et autres sels se convertissent instantanément en hypochlorites, hypobromites, etc. Or, lorsqu'une solution d'hypochlorite de sodium est mise en contact avec une matière organique, il se produit une décomposition chimique. Une partie du chlore de l'hypochlorite remplace une partie, sinon la totalité, de l'hydrogène de cette substance organique; une autre partie du chlore s'unit à l'hydrogène mis en liberté, et, par suite de la réaction qui s'opère, il y a production d'ozone qui agit sur la substance organique et la rend inoffensive.

Les eaux qui alimentent New-York proviennent des sources captées près de Brewsters, à 32 kilomètres en amont. Brewsters possède un réseau d'égouts dont les eaux s'écoulent dans une petite rivière; le sol étant marécageux, une partie de ces eaux contaminées filtrait à travers ce sol et venait polluer les sources.

L'application du procédé Woolf a désinfecté cette rivière. On a installé une machine à vapeur de 15 chevaux actionnant une dynamo. Au-dessous se trouve une citerne close, de 4.500 litres. Un second bassin, renfermant 13.500 litres d'eau de mer, situé un peu en contre-haut de la citerne, l'alimente constamment. Trois électrodes en platine et quatre en charbon plongent dans cette dernière, et les pôles positifs alternent avec les négatifs. Lorsque l'électrode de l'eau de mer a atteint un degré déterminé, la solution s'écoule à travers un ensemble de tuyaux qui la conduisent jusqu'au-dessous de la rivière à désinfecter. Elle s'échappe alors en minces filets par un tube horizontal perforé d'une multitude de petits trous. Ce tuyau traverse la rivière d'une berge à l'autre. A 300 mètres environ en

aval du point où la solution opère son action chimique, la purification est absolue.

Transformation de l'eau de mer en eau douce potable. — Les navigateurs, pour transformer l'eau de mer en eau douce potable, sont obligés de la distiller en faisant intervenir la chaleur (1) et le résultat est une eau lourde, sans saveur, qu'on doit aérer fortement avant de s'en servir, sans quoi elle est indigeste.

M. Pfister, ingénieur autrichien, dessale l'eau par une simple filtration à travers une bûche de bois (2).

Pfister oblige l'eau de mer, sous pression, à traverser un tronc d'arbre dans le sens de sa longueur, et à son extrémité, il recueille de l'eau douce.

Une pompe de compression, suivie d'un réservoir de pression, refoule l'eau sur le tronc d'arbre à une pression variant de 1 1/2 à 2 1/2 atmosphères. Un petit réservoir reçoit l'eau douce après filtration à travers le tronc d'arbre.

Avec un tronc d'arbre de 4 m. 50 de longueur et de 0 m. 12 à 0 m. 15 de diamètre, l'eau douce commence à suinter au bout de 3 minutes de compression. En 2 heures, avec un tronc de hêtre, on a obtenu 40 litres d'eau potable. Les derniers litres commencent pourtant à avoir une certaine saveur salée. M. Pfister n'a pas déterminé comment on pourrait décrasser son filtre et le rendre de nouveau propre à la filtration. Si ce résultat pouvait être obtenu, la méthode serait consacrée.

M. Pfister a eu l'idée de descendre son filtre à 5 ou 10 mètres de profondeur dans la mer à côté d'un navire. La pression hydrostatique suffit, dans ce cas, à refouler l'eau de mer dans le tronc d'arbre et à emmagasiner l'eau douce dans un petit réservoir vissé sur le bois. En cinq minutes,

(1) Fonssagrives, *Traité d'hygiène navale*. 2e édition, 1877.
(2) *Revue Industrielle*, 1894.

à 10 mètres de profondeur, dans la mer, on a obtenu ainsi un litre d'eau douce.

Puits. — Lorsqu'une source ne peut être amenée, par suite de sa profondeur ou de son éloignement, à portée des habitations, on établit un puits. On le creuse sur 2 à 3 m. de diamètre. Dès qu'on est arrivé à quelques mètres, on établit, à fleur de terre, un plancher sur lequel on dresse une tour avec câble et tinettes. Quand le creusement atteint le rocher, il faut le déblayer et ne continuer l'entreprise que si ce rocher est de la nature de ceux qui font présager de l'eau.

Si les assises du rocher sont inclinées et que la ligne d'intersection des deux stratifications passe par le milieu du creux, on continue de creuser jusqu'à la source. Si cette ligne ne passe pas par le milieu du creux, il faut élargir celui-ci jusqu'à ce qu'elle se trouve au milieu, car cette ligne est le thalweg du vallon, sous lequel passe la source. Lorsqu'on arrive à la source, il faut creuser encore au-dessous de 1 à 2 mètres. On peut faire éclater les rochers avec la poudre.

Il faut souvent étayer les parois du puits par un clayonnage composé de perches verticales distantes de 0m.35, reliées par des verges horizontales.

La forme la plus solide pour un puits est la forme circulaire.

La maçonnerie doit être en pierres sèches, taillées en voussoirs ; on ne doit employer le mortier pour la maçonnerie que dès qu'elle n'est plus qu'à 1 m. du sol ; on emploie aussi le mortier pour la margelle extérieure, qui doit avoir 1 m. d'élévation.

On fait aussi des puits en briques posées à sec. A travers l'argile consistante, la maçonnerie peut n'avoir que 1/2 brique d'épaisseur (0m.107) pour petits puits. Pour donner de la solidité au puits, on maçonne 2 ou 3 assises

de briques avec du ciment tous les 1m.50 à 3m.60. On peut poser les briques à plat pour les petits diamètres en faisant croiser les joints et introduire des éclats de brique avec du ciment dans l'espace triangulaire formé par 2 brique sur la face extérieure. Lorsque le puits doit avoir plus de 1m.20 de diamètre, il faut lui donner l'épaisseur d'une brique entière, c'est-à-dire l'épaisseur de la longueur d'une brique.

Dans les terrains meubles, on ne creuse que de la profondeur d'un anneau (ou assise), posé à ciment, à l'autre ; la nature du terrain indique la distance de ces anneaux.

Il faut alors maçonner de *haut en bas*.

Nul ne peut, sans autorisation, creuser un puits à moins de 100 mètres des cimetières (décret du 7 mars 1808). On ne peut creuser un puits qu'à une certaine distance d'un mur mitoyen ou d'un mur de séparation, d'une cave, d'un autre puits ou d'une fosse d'aisances. Si la distance n'est pas observée et que l'on ouvre un puits près de l'un de ces objets, on est tenu de les garantir de l'infiltration des eaux par l'établissement d'un *contre-mur*, fondé plus bas que le sol du puits et qui monte jusqu'au niveau du terrain. La coutume de Paris exige, pour ce contre-mur, un pied d'épaisseur, mais entre 2 puits l'épaisseur de maçonnerie doit être de 3 pieds, et de 4 pieds entre un puits et une fosse d'aisances.

Puisards. — Les puisards sont des réservoirs, construits et voûtés en maçonnerie, qui, dans certains cas, recueillent les eaux pluviales ménagères et industrielles.

Les *puisards étanches*, qui peuvent recevoir les eaux malsaines, conservent les liquides et doivent, par suite, être vidangés et curés (fig. 21).

Les *puisards absorbants*, qui ne doivent recevoir que des eaux inoffensives, laissent filtrer les liquides dans les terres environnantes, à l'aide de barbacanes ou de tuyaux inclinés, placés à 1 mètre au moins au-dessus du radier du puisard, pour éviter que ces conduites ne soient obstruées par des dépôts de vase (fig. 22).

Les *puits d'absorption* sont des puits tubés ou maçon-

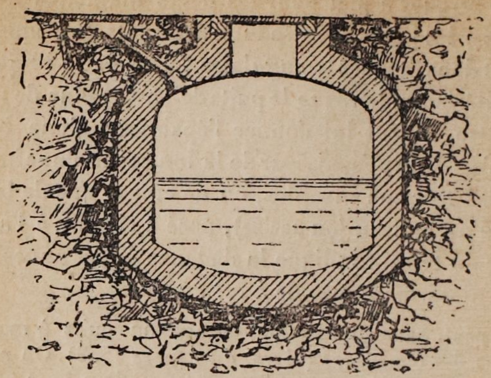


Fig. 21. — Puisard étanche.

nés, qui laissent perdre, dans un terrain perméable, les eaux qu'on y jette.

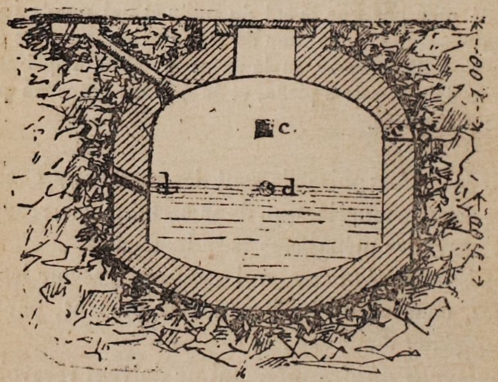


Fig. 22. — Puisard absorbant.

Les puisards étanches sont souvent établis à côté des puisards absorbants (fig. 23) ; dans ce cas, le puisard étanche fait l'office de décanteur, de manière à ne laisser passer, dans le puisard absorbant, que les eaux clarifiées.

La Commission des logements insalubres, par suite des mauvaises odeurs que répandent les puits et puisards et

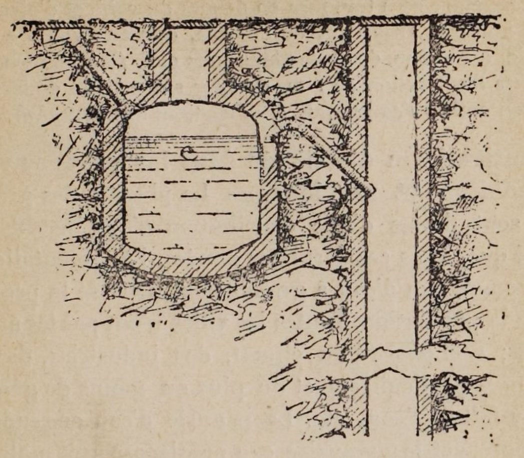


Fig. 23. — Juxtaposition d'un puisard étanche et d'un puits d'absorption.

de l'infection du sol qu'ils provoquent, a réclamé depuis longtemps la suppression des puisards absorbants et des puits d'absorption et la tolérance des seuls puisards étanches, à la condition de leur fermeture par des cuvettes à siphon (1).

Ordonnance de police du 20 juillet 1838 sur les puits et puisards.

Art. 1er. — Aucun puits soit ordinaire, soit d'absorption, ne sera percé, aucune opération d'approfondissement, de sondage et autres ne sera entreprise, aucun puisard ne sera établi sans une déclaration préalable.

Art. 2. — Il ne pourra être procédé à aucun curage de puits ou de puisards sans une déclaration préalable faite par écrit, 48 heures à l'avance.

Le caveau sera construit et voûté en maçonnerie, étanche au pourtour, et pourvu de moyens de ventilation. Il aura 2 m. de

(1) Voy. O. Du Mesnil, *Des mesures à prendre contre l'infection du sol par les puisards.* (*Ann. d'Hyg.*, 1882, tome VII, p. 75.)

haut. Lorsque ce caveau sera en sous-sol, l'ouverture en sera fermée au moyen d'une trappe en bois munie d'un anneau en fer. Cette fermeture sera toujours en dehors du cabinet d'aisances.

Tout puisard, absorbant ou étanche, doit être voûté en maçonnerie, avoir 2 m. de profondeur sous clef, être pourvu d'une ouverture d'extraction de 1 m. de long sur 0 m. 65 de large, et avoir son entrée d'eau munie d'un appareil formant *siphon*.

Quantité d'eau distribuée dans les grandes villes par habitant et par jour. — La plupart des grandes villes sont dotées d'une distribution d'eau insuffisante, malgré que, dans ces dernières années, l'augmentation de la consommation d'eau a grandement dépassé la progression de la population. Toutes les villes n'ont pas les mêmes besoins ; cela dépend du climat, des industries, des circonstances particulières et du plus ou moins de gâchage qu'on y fait de l'eau, etc. La pénurie d'eau engendre la malpropreté et la mauvaise eau prédispose aux maladies.

Il faudrait à Paris 1.000 litres d'eau par jour et par habitant, d'après Wazon. Cette quantité est déjà presque atteinte d'ailleurs à Rome, à Marseille et dans certaines villes américaines (1).

Le tableau suivant résume à peu près les données moyennes de ces dernières années relatives à la quantité d'eau de quelques villes pour tous les services :

Cannes (France)........	1.200 litres par jour et par habitant.
Rome ancienne.........	1.200 litres par jour et par habitant (voir pp. 106 et 113).
Rome actuelle (Italie)...	1.000 litres par jour et par habitant.

(1) Il ne faut pourtant pas conclure de ces chiffres que toutes ces villes, grâce à leur grande quantité d'eau, sont bien alimentées à ce point de vue.

D'abord beaucoup de ces eaux proviennent de rivières et sont suspectes; de plus, dans des villes, comme Carcassonne, malgré la grande quantité d'eau disponible, les habitants en sont très mal pourvus parce que la municipalité la gâche ou l'utilise d'une façon critiquable. Dans certains cas, les pertes peuvent atteindre de 25 à 50 o/o de l'eau dépensée, d'après Nichols.

Alleghany (E.-U.).....	1.081 litres par jour et par habitant.
Buffalo (E.-U.)........	845 — —
Marseille (France)......	770 à 1.000 litres par jour et par habitant (v. p. 272).
Richmond (E.-U.)......	759 — —
Détroit (E.-U.)........	731 — —
Washington (États-Unis).	718 litres par jour et par habitant.
Philadelphie (E.-U.)....	612 (1) — —
Chicago (E.-U.)........	575 litres par jour et par habitant (voir p. 324).
Lausanne (Suisse)......	560 — —
Cincinnati (E.-U.)......	509 — —
Carcassonne (France)...	400 litres par jour et par habitant (voir p. 270).
Naples (Italie)..........	370 litres par jour et par habitant (voir p. 314).
New-York (E.-U.)......	365 à 1.000 litres par jour et par habitant (voir pp. 80 et 320).
Boston (E.-U.)..........	348 litres par jour et par habitant (v. p. 321).
Bonn (Allemagne)......	290 litres par jour et par habitant.
Fribourg-en-Brisgau (Allemagne)...........	178 à 285 — —
Aurillac (France).......	280 — —
Saint-Louis (E.-U.).....	273 — —
Besançon (France).....	260 — —
Paris (France).........	225 à 253 litres par jour et par habitant (dont 81 pour le service privé) (voir pp. 91 et 137).
Agen (France).........	250 litres par jour et par habitant.
Toulon (France)........	250 litres par jour et par habitant (voir p. 275).
Bayonne (France)......	250 litres par jour et par habitant.
Glasgow (Angleterre)...	240 — —
Limoges (France)......	240 — —
Dijon (France).........	240 (2) — —
Hambourg (Allemagne).	237 litres par jour et par habitant (voir p. 306).

(1) Philadelphie a reçu, en 1894, 760.000 mètres cubes d'eau par jour, élevés par machines.

(2) Dijon est alimenté par un aqueduc dont la hauteur intérieure est de 0 m. 90 et la largeur de la cuvette 0 m. 60.

Montpellier (France)....	230 litres par jour et par habitant. (v. p. 271).
Adélaïde (Australie)....	230 litres par jour et par habitant.
Dresde (Saxe)..........	228 — —
Francfort-sur-le-Mein...	223 — —
Nîmes................	220 litres par jour et par habitant (voir p. 278).
Melun................	210 litres par jour et par habitant.
Brooklyn (E.-U.).......	205 — —
Londres (Angleterre)...	161 à 175 litres par jour et par habitant (dont 129 pour le service privé) (voir p. 280).
Cologne (Allemagne)....	200 litres par jour et par habitant.
Orléans...............	200 — —
Tours................	190 — —
Edimbourg (Ecosse)....	181 — —
Christiania (Norvège)...	175 — —
Boulogne-sur-Mer......	175 — —
Dublin (Irlande).......	172 — —
Vienne (Autriche)......	170 litres par jour et par habitant (voir p. 313).
Semur................	160 litres par jour et par habitant.
Munich (Bavière).......	160 — —
Brunswick (Allemagne).	154 — —
Nantes...............	150 — —
Leipzig (Saxe).........	150 — —
Lyon.................	150 (1) — —
Hull (Angleterre)......	148 — —
Toulouse..............	140 litres par jour et par habitant (voir p. 268).
Buda-Pesth (Hongrie)...	140 litres par jour et par habitant.
Dantzig (Allemagne)....	140 — —
Providence (E.-U.).....	137 — —
Rio-de-Janeiro (Brésil)..	135 — —

(1) A Lyon, l'eau est prise dans le gravier de Saint-Clair, au bord du Rhône, et clarifiée au moyen d'une galerie construite dans le lit du fleuve.

L'eau est emmagasinée dans des réservoirs de 10.000 à 40.000 mètres cubes et à des hauteurs de 50m.90 et 100m.90 au-dessus de l'étiage du Rhône. Cette alimentation est insuffisante et on projette d'amener à Lyon 500 litres d'eau par jour et par habitant.

Buenos-Ayres (Rép.-Arg.)	132 litres par jour et par habitant (voir p. 333).
Périgueux	130 litres par jour et par habitant.
Sheffield (Angleterre)	130 — —
Newcastle (Angleterre)	126 — —
Cassel (Allemagne)	124 — —
Hanovre (Allemagne)	116 — —
Altona (Allemagne)	115 — —
Arras	115 — —
Sydney (Australie)	115 — —
Birmingham (Angleterre)	113 — —
Troyes	110 — —
Liverpool (Angleterre)	108 litres par jour et par habitant (voir p. 289).
Leeds (Angleterre)	107 — —
Bruxelles (Belgique)	100 litres par jour et par habitant (voir p. 302).
Porto (Portugal)	100 litres par jour et par habitant (voir p. 317).
Rotterdam (Hollande)	100 litres par jour et par habitant.
Calcutta (Indes)	95 — —
Saint-Pétersbourg (Russie)	95 — —
Manchester (Angleterre)	94 — —
Bombay (Indes)	90 — —
Breslau (Allemagne)	90 — —
Athènes (Grèce)	90 — —
Valparaiso (Chili)	90 — —
Sunderland (Angleterre)	88 — —
Bristol (Angl.)	85 — —
Cambridge (Angl.)	81 — —
Alexandrie (Egypte)	80 — —
Berlin (Allemagne)	75 litres par jour et par habitant (dont 67 pour le service privé) (voir p. 308).
La Haye (Hollande)	75 litres par jour et par habitant.
Cette	70 litres par jour et par habitant (voir p. 270).
Stockholm (Suède)	70 litres par jour et par habitant.
Norwich (Angleterre)	60 — —
Nuremberg (Bavière)	60 — —

Amsterdam (Hollande)..	50 litres par jour et par habitant (voir p. 304).
Le Caire (Egypte)......	50 litres par jour et par habitant.
Venise (Italie)........	40 — — (voir p. 315).
Barcelone (Espagne)....	30 litres par jour et par habitant.
Madrid (Espagne)......	15 — —

Fanning demande, pour les villes de 10.000 habitants, 140 à 200 litres d'eau par tête et par jour; pour celles de 20.000 hab., 170 à 230 litres; pour celles de 30.000 hab., 200 à 280 litres; pour celles de 50.000 hab., 250 à 320 litres; pour celles de plus de 75.000 hab., 260 à 450 litres. Mais M. Huet estime que le jour où le service public aura pris en Angleterre le développement qu'il a pris en France, et que la France aura les facilités domestiques de l'Angleterre et de l'Amérique, la consommation devra s'élever à 300 ou 400 litres par habitant et par jour au moins. Nous avons déjà dit que certains auteurs réclament 1.000 litres pour Paris.

En France, il résulte d'une enquête, faite par M. Bechmann (1) en 1892, sur 691 villes, représentant une population de 12.213.127 habitants et comprenant toutes les cités les plus populeuses, que :

L'eau de source alimente	219 villes	avec	2.792.850	habitants
L'eau de nappe.........	215	—	1.759 243	—
Une alimentation mixte..	144	—	5.950.020	—
L'eau de rivière.........	113	—	1.711.014	—

Le volume moyen consommé dans les 449 villes qui sont pourvues d'une distribution d'eau, et dont la population approche de 10.500.000 habitants, est de 111 litres par habitant.

(1) Voy. Bechmann, *Alimentation en eau dans les principales villes de France* (*Ann. d'Hyg.*, 1893, tome XXIX, p. 84).

CHAPITRE IV

LES EAUX DE PARIS

En 1854, Paris recevait seulement en tout 70.000 mètres cubes d'eau par jour, sans compter l'eau des puits, plus ou moins contaminée par les infiltrations des matières fécales ou autres (1). Cette eau, prise en amont, provenait de la Seine et du canal de l'Ourcq, et ne pouvait pas être distribuée à tous les étages des maisons; elle avait, outre sa quantité insuffisante, l'inconvénient d'être chargée de matières organiques et d'offrir trop de variations de température. L'eau de l'Ourcq, surtout, renferme une trop grande quantité de sulfate de chaux.

Les eaux de la Seine et de l'Ourcq sont bonnes pour les usages industriels et pour les besoins de la salubrité, mais l'eau de source seule devrait être employée pour l'alimentation.

Aussi, Belgrand fit-il adopter par le Conseil municipal de Paris, le 12 janvier 1855, le principe de la séparation en deux parties du service de la distribution d'eau dans la capitale : l'une comprenant les eaux de rivière et du canal de l'Ourcq, destinées aux usages industriels et à l'arrosage des rues, cours, jardins et remises, et la seconde comprenant les eaux de source, captées à leur origine, pour être affectées aux usages des appartements et de certains commerces spéciaux, comme les cafés, restaurants, etc.

Le programme de Belgrand prévoyait une distribution journalière de 510.000 mètres cubes d'eau à Paris, soit

(1) Il subsiste actuellement à Paris 1.500 puits fournissant une eau séléniteuse marquant jusqu'à 200 degrés hydrotimétriques et qui doit être rejetée pour l'alimentation.

environ 225 litres par habitant. Mais on a été conduit par la suite à augmenter tous les jours davantage cette quantité, que l'on croyait d'abord plus que suffisante.

Alors qu'en 1800 la ville de Paris ne disposait théoriquement, en tout, sans tenir compte des pertes, que de 15 litres d'eau par habitant et par jour, elle en avait 67 litres par jour et par habitant en 1861, 397.000 mètres cubes par jour en 1878 (soit 198 litres par habitant et par jour pour une population de 2 millions d'habitants); depuis, cette quantité a été portée successivement à 510.000 mètres cubes en 1885, à 620.000 mètres cubes en 1891 (dont 470.000 pour le service public et industriel) et enfin à 740.000 mètres cubes en 1896 (dont 270.000 en eaux de sources), soit en tout 294 litres par habitant et par jour pour une population de 2.512.000 habitants.

On prévoit pour l'avenir de nouvelles augmentations pour subvenir à de nouveaux besoins sans cesse grandissants.

Nous indiquons ci-après les moyens employés pour alimenter d'eau la ville de Paris (1), en faisant remarquer que la ville est divisée, au point de vue de l'alimentation en eaux de rivière (service public et industriel), en trois zones correspondant à des différences d'altitude du sol : la zone inférieure (moins de 50 mètres d'altitude) desservie par l'eau de l'Ourcq et de la Seine; la zone moyenne (50 à 80 mètres) par l'eau de Seine; la zone supérieure (au-dessus de 80 mètres) par l'eau de la Marne.

Le service des eaux de sources (service privé) ne comprend que 2 zones : la zone inférieure (au-dessous de 50 mètres) alimentée en eau de la Vanne, et la zone supérieure, en eau de la Dhuis. L'Avre alimente les deux zones.

(1) Voir le rapport de M. Couche, ingénieur, sur les *Eaux de Paris en 1884*, et plusieurs mémoires de M. Bechmann, insérés dans les *Annales des Ponts et Chaussées*.

Nous donnons (fig. 24) la carte générale des sources qui alimentent la ville de Paris.

Canal de l'Ourcq. — Le canal de l'Ourcq, qui a 97 kilomètres, et qui a été construit de 1802 à 1824, sert à la navigation et à l'alimentation parisienne ; il comprend la rivière d'Ourcq (1), affluent de la Marne, qui prend sa source à 12 kilomètres de la Fère (Aisne), et le canal, qui

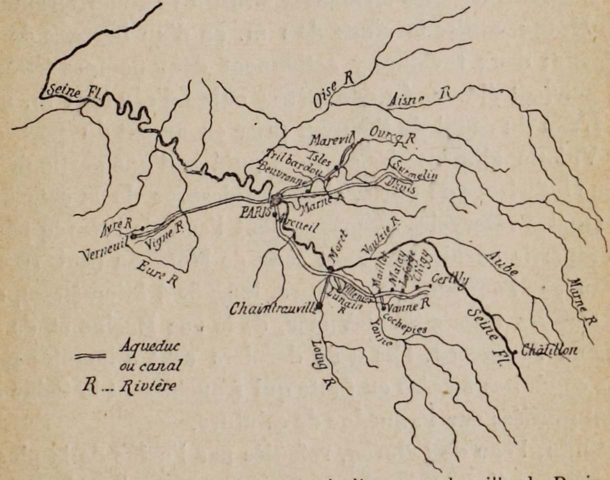


Fig. 24. — Carte des sources qui alimentent la ville de Paris.

va du barrage de Mareuil au bassin à ciel ouvert de la Villette, qui a 500.000 mètres cubes (à la cote 52 au-dessus du niveau de la mer). De là, l'eau s'écoule dans l'aqueduc de ceinture qui aboutit au réservoir de Monceau.

Pour parer à l'insuffisance de l'eau de l'Ourcq, on a porté son débit de 50.000 à 130.000 mètres cubes, en élevant dans le canal 80.000 nouveaux mètres cubes d'eau de la Marne, au moyen des deux usines hydrauliques de Trilbardou et d'Isles-les-Meldeuses, qui datent de 1868.

(1) L'eau de la Beuvronne fut introduite dès 1809 dans la canalisation de la ville, par le canal de l'Ourcq.

L'usine de Trilbardou, située à 8 kilom. en aval de Meaux, utilise la chute de 1 m. d'un barrage de la Marne; une roue de côté y actionne une pompe Farcot, et une roue Sagebien y actionne 4 pompes à double effet; le volume d'eau obtenu peut être de 40.000 mètres cubes par jour, grâce à 2 machines à vapeur de rechange installées depuis 1889.

L'usine d'Isles-les-Meldeuses, située à 12 kilom. en amont de Meaux, utilise la chute de 1 m. 90 d'un barrage de la Marne; deux turbines y actionnent deux pompes Girard et peuvent élever 40.000 mètres cubes d'eau à 11 m. 73.

L'eau du canal de l'Ourcq, prise en amont du port de la Villette, alimente les services publics d'une partie de la zone inférieure de Paris, située au-dessous de la cote 52.

Quatre réservoirs emmagasinent l'eau de l'Ourcq pour la répartir ensuite; ce sont ceux de Monceau (qui reçoit l'eau par l'aqueduc de ceinture, long de 4 kilomètres), de la rue des Fossés-Saint-Victor, de la rue Racine et de la rue de Vaugirard. Ces trois derniers sont alimentés par des conduites forcées en fonte qui franchissent la Seine et sont greffées sur l'aqueduc de ceinture.

Enfin, l'eau de l'Ourcq, refoulée par l'usine de la place de l'Ourcq (4 machines), construite en 1867, dans le réservoir des Buttes-Chaumont (cote 96 m. 90), dessert le parc des Buttes-Chaumont, le marché et les abattoirs de la Villette.

Seine. — L'eau était puisée en Seine, en 1878, par 6 usines à vapeur et emmagasinée dans des réservoirs (fig. 25).

L'usine de Port-à-l'Anglais, construite en 1854, située en amont du confluent de la Marne, possède 2 machines pouvant refouler 6.000 mètres cubes d'eau au réservoir de Gentilly (cote du trop-plein 82 m. 10).

L'usine de Maisons-Alfort (2 machines), construite en

1855-58, refoule 9.000 mètres cubes d'eau au réservoir de Charonne (cote 80 m. 73).

L'usine du quai d'Austerlitz (2 machines Farcot), construite en 1863, élève 20.000 mètres cubes dans les réservoirs de Charonne et de Gentilly.

Celle de Chaillot, au pont de l'Alma, qui date de 1854, refoule 43.000 mètres cubes d'eau par ses 2 machines dans le grand réservoir de Passy-Villejust (cote 75 m.).

L'usine d'Auteuil, construite en 1832, refoulait

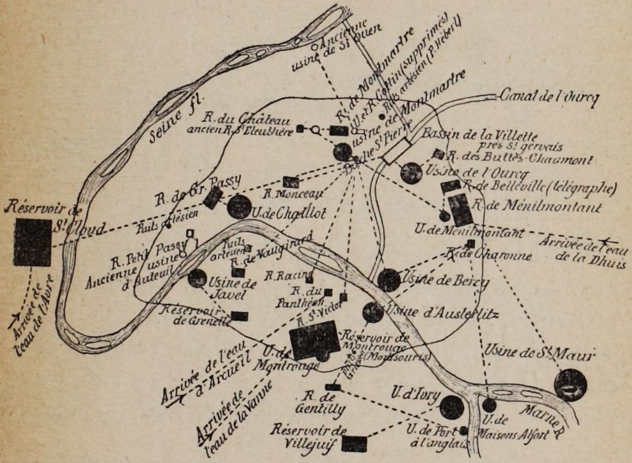


Fig. 25. — Carte générale des réservoirs d'alimentation de Paris.

6.000 mètres cubes d'eau au petit réservoir du cimetière de Passy (cote 74 m. 10).

L'usine de Saint-Ouen refoulait l'eau de Seine dans l'ancien réservoir du passage Cottin (1).

En 1878, les 2 pompes à vapeur de l'usine de relais de Montmartre refoulaient l'eau dans le réservoir du Château (cote 132 mètres) et l'ancien réservoir Saint-Éleuthère (1).

(1) Les réservoirs Cottin et Saint-Eleuthère ont été supprimés en 189 et remplacés par celui de Montmartre, qui reçoit l'eau par l'usine du même nom et en envoie une fraction au petit réservoir du Château, rue Lepic.

Les quatre premières usines fonctionnent toujours, mais celles d'Auteuil et de Saint-Ouen ont été supprimées, et il y en a trois nouvelles.

Depuis 1883, l'usine d'Ivry (6 machines Farcot de 160 chevaux chacune) refoule l'eau de Seine, puisée à la cote 27, par une conduite de 0 m. 80 de diamètre et 4.200 mètres de longueur, au réservoir de Villejuif (cote 89 m.)

Une usine, établie en 1888 quai de Javel (2 machines),

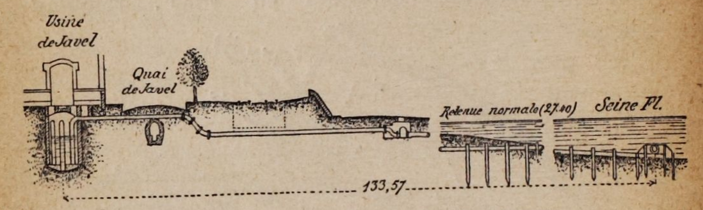


Fig. 26. — Prise d'eau à Javel.

élève 25.000 mètres cubes d'eau de Seine, prise à la cote 27 m. 30, qu'elle refoule à la cote 50 m. dans le réservoir de Grenelle, rue de l'Abbé-Groult (fig. 26).

Depuis 1889, une usine de 4 machines, créée à Bercy, quai de la Râpée, peut élever 50.000 mètres cubes d'eau par jour et les refouler partie dans le réservoir de Cha-

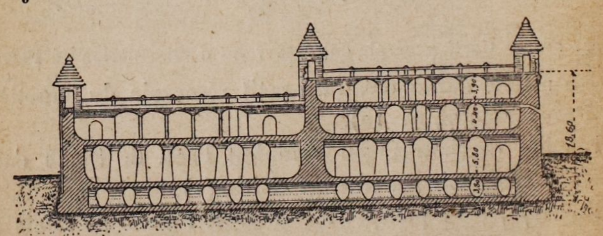


Fig. 27. — Réservoir de Montmartre.

ronne, rue des Prairies, à la cote 80 m. 70, et partie dans l'usine de relais de la place Saint-Pierre (bâche métallique), à la cote 83 m. 50.

Les 24.000 mètres cubes d'eau de Seine ou de la Dhuis reçus par l'usine de Saint-Pierre, établie en 1889, sont refoulés daas le grand réservoir de Passy-Villejust, à la cote 75 m. 33, dans la canalisation générale et dans l'étage inférieur du réservoir de la butte Montmartre, à la cote 127 m. 30 (fig. 27).

Les 7 usines actuelles puisant l'eau en Seine ont une force totale de 2.400 chevaux et sont pourvues de 20 machines à vapeur.

L'eau de Seine (170.000 mètres cubes en 1885, 240.000 actuellement) dessert la zone moyenne de la ville de Paris, une partie de la butte Montmartre et certaines parties basses du XVe arrondissement.

En principe, l'eau de Seine est affectée seulement aux services public et industriel, mais on la distribue pour les usages domestiques de certains quartiers, lorsque, par suite des circonstances, le débit des eaux de sources devient insuffisant.

Dans ce cas, l'alimentation est assurée par l'usine d'Ivry, dont nous avons parlé, située en amont du confluent de la Marne, qui peut refouler, dans le réservoir de Villejuif, 85.000 mètres cubes d'eau par jour.

Marne. — L'eau de la Marne (65.000 mètres cubes en 1884, 85.000 m. c. actuellement), puisée à la cote 34, est élevée par l'usine hydraulique et à vapeur de Saint-Maur, et conduite par un tuyau de 0m.80 de diamètre et de 18.500 mètres de longueur dans le bassin inférieur du réservoir de Ménilmontant, à la cote 100 m. 20. Elle alimente la zone supérieure de Paris, avec 2 usines de relais, l'une rue Darcy, à Ménilmontant, établie en 1867 et modifiée en 1887 (3 machines), l'autre place Saint-Pierre (3 machines), qui envoient l'eau de Marne dans les bassins inférieurs des réservoirs de Montmartre (cote 127m.30), et de Belleville

ou du Télégraphe (cote 131m.10). L'eau de Marne alimente aussi les lacs du bois de Vincennes par une conduite spéciale partant de l'usine de Saint-Maur.

L'usine de Saint-Maur, placée à 4 kilom. en amont du confluent de la Seine, utilise depuis 1865 une chute de la Marne qui varie de 3 à 5 mètres de hauteur. Elle se compose de 3 turbines Fourneyron, produisant chacune 100 chevaux (actionnant 6 pompes Girard), de 2 machines à vapeur Farcot-Corliss de 130 chevaux, et de 4 roues-turbines Girard, donnant 120 chevaux chacune.

L'une de ces dernières refoule les eaux de *la source Belgrand (de Saint-Maur)*, dont le volume est d'environ 5.000 mètres cubes par jour, dans le compartiment supérieur du réservoir de Ménilmontant (cote 108). Depuis 1885, il y a à Saint-Maur une 3e machine à vapeur pouvant élever 20.000 mètres cubes d'eau de Marne par jour, de sorte que l'usine de Saint-Maur élève en tout 48.000 mètres cubes.

Nous avons dit que les usines de Trilbardou et d'Isles-les-Meldeuses envoient de l'eau de Marne dans le canal de l'Ourcq (voir p. 94).

Les usines de Saint-Maur, Trilbardou et d'Isles-les-Meldeuses ont en tout 12 machines hydrauliques, 5 machines à vapeur et une force de 1.500 chevaux.

Sources d'Arcueil, du Nord, etc. — Les sources du Sud ou d'Arcueil fournissent environ 1.000 mètres cubes d'eau, drainés des plateaux de Rungis, Paray, Wissous, Fresnes et Lonjumeau, qui sont conduits à Paris (par l'ancien aqueduc de Constance Chlore, reconstruit de 1613 à 1624) au réservoir du Panthéon (à la cote 66m.24), où ces eaux se mélangent avec celles de la Seine. L'eau d'Arcueil marque 20° à l'hydrotimètre, après les cascades qui l'aèrent, et 37° avant l'aération.

Les sources du Nord (Prés Saint-Gervais et Belleville), canalisées au VIIe siècle, étaient amenées autrefois en aqueduc souterrain jusqu'à la fontaine Saint-Lazare; elles donnent encore environ 200 mètres cubes par jour employés pour laver les égouts, car elles sont séléniteuses et marquent 72 à 155° degrés à l'hydrotimètre.

Puits artésiens. — Paris possède plusieurs puits artésiens. Nous indiquons ici les plus profonds.

Le puits de Passy, foré de 1855 à 1861, par M. Kind, a un débit de 5 à 6.000 mètres cubes d'eau par jour, à une température de 28 degrés. Il alimente, avec l'eau de Seine, les lacs du bois de Boulogne; il a 586m.50 de profondeur, et donne un jet de 1 mètre au-dessus du sol.

Le puits de Grenelle, foré par M. Mulot, de 1833 à 1842, donne par jour 200 à 300 mètres cubes d'eau à une température de 30 degrés, que l'on déverse dans la canalisation de l'Ourcq ; il a 547 mètres de profondeur et donne un jet de 33m.70 au dessus du sol.

Le puits de la place Hébert, construit de 1866 à 1888, a 719 mètres de profondeur, et donne par jour 12.000 mètres cubes d'eau, employés pour une piscine de natation et des bains-douches ; la température de son eau est de 27 à 34 degrés.

Le puits de la Butte-aux-Cailles, non encore terminé, sera foré peut-être jusqu'à 850 mètres; en septembre 1896, le sondage était arrivé à 543 mètres.

La raffinerie Constant Say possède, 123, boulevard de la Gare, un puits artésien de 577 mètres de profondeur qui a été foré il y a environ 25 ans ; l'eau sort à 28°; le diamètre de ce puits est de 0m.32 à la base et 0m.58 en haut de la colonne; on trouve la craie à partir de 62 mètres et ensuite sur 458 mètres.

D'autres puits artésiens de petite profondeur existent à Paris dans des propriétés particulières.

Sources de la Dhuis. — La Dhuis, affluent du Surmelin, prend sa source à Pargny, dans le département de l'Aisne, à 131 kilomètres de Paris et à 128 mètres d'altitude. Les eaux, captées à leur origine, ont une température de 10 degrés et marquent 23 degrés hydrotimétriques. Pour leur enlever leur excès de carbonate de chaux, on fait passer l'eau de source à travers des plaques en tôle perforée, d'où elle tombe en pluie fine sur des amas de meulière, qui la débarrassent de son excédent de calcaire. L'eau entre ensuite en aqueduc, qui reçoit plus loin les eaux de source du Verdon et du Surmelin.

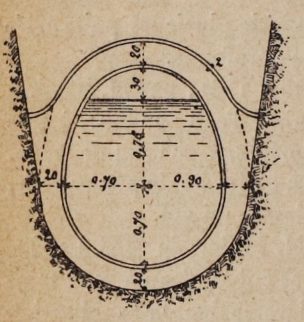


Fig. 28. — Galerie de la dérivation de la Dhuis.

L'eau de source est amenée dans des conduits fermés jusqu'à Paris, où elle est reçue dans le bassin supérieur du réservoir de Ménilmontant, à la cote 107m.95.

La dérivation de la Dhuis comporte 21 siphons (conduite forcée) d'une longueur totale de plus de 16 kilomètres, traversant des vallées dont certaines ont 70 mètres de profondeur, 9.753 mètres de souterrains (conduite libre) et un aqueduc libre de 108 kilomètres, formé d'un tube en maçonnerie mince de 1m.40 de diamètre. La pente par kilomètre est de 0m.55 pour la conduite forcée et de 0m.10 pour la conduite libre. La pente totale est, par suite, de 20m.63 pour toute la conduite.

Les travaux de dérivation ont été exécutés par Belgrand de 1863 à 1865 et l'eau de la Dhuis est distribuée à Paris depuis le 1er octobre 1865 ; les travaux ont coûté 18 millions de francs. La galerie principale offre deux sections, l'une et

l'autre ovoïdes. Le grand type (fig. 28) est en maçonnerie de meulière et ciment romain de 0m.20 d'épaisseur, y compris enduit intérieur en ciment de 0m.02. Le niveau de l'eau est à 0m.30 au-dessous de la clef. Le petit type n'a que 1m.20 de diamètre dans œuvre, au lieu de 1m.40 et 1m.54 de hauteur intérieure, au lieu de 1m.76.

Les siphons de la conduite forcée sont formés de tuyaux en fonte de 0m.80 à 1 mètre de diamètre, avec une épaisseur de 0m.018 à 0m.025.

Le réservoir de Ménilmontant, qui a coûté 4 millions de francs, se compose de deux étages. L'étage supérieur (100.000 mètres cubes), qui reçoit les eaux de la Dhuis et celles de la source Belgrand (de Saint-Maur) (1), se divise en deux compartiments et se compose, en plan, d'un demi-cercle de 188 mètres de diamètre intérieur, accolé à un rectangle de 188 mètres de longueur sur 42 mètres de largeur. L'étage inférieur (36.000 mètres cubes) reçoit des eaux de la Marne. Des voûtes d'arête en meulière et ciment, de 0m.35 d'épaisseur à la clef, séparent les deux étages.

Les 20.000 mètres cubes d'eau de la Dhuis, concentrés au réservoir de Ménilmontant, alimentent le service privé des XVIIe, XVIIIe et XIXe arrondissements (zone supérieure) avec 2 usines de relais, place Saint-Pierre et rue Darcy (Ménilmontant), refoulent l'eau dans les étages moyen (cote 132 m.) et supérieur (cote 136 m.) du réservoir de la butte Montmartre, et dans l'étage supérieur du réservoir du Télégraphe ou de Belleville (cote 13m.10), pour desservir les hauteurs de Montmartre et de Belleville.

Dans certaines périodes de sécheresse, le débit quotidien de l'aqueduc de la Dhuis descend à 8.000 mètres cubes.

(1) Les eaux de la source de Saint-Maur sont refoulées de la cote 28 à la cote 108 (du réservoir supérieur) par l'usine de Saint-Maur (voir p. 98).

Sources de la Vanne.—La Vanne, affluent de l'Yonne, prend sa source à Fontvanne (Aube), à 14 kilomètres de Troyes. Ses eaux marquent de 17 à 20 degrés hydrotimétriques et ont une température de 11 degrés.

Les sources captées sont au nombre de 15 ; elles sont dispersées sur plus de 20 kilomètres et coulent à des niveaux différents. Les sources hautes (Cérilly, etc.) pénètrent directement dans l'aqueduc de dérivation, tandis que les sources basses sont relevées par des machines établies à Chigy, Laforge et Malay, dans un collecteur principal, long de 20 kilomètres, qui les amène dans l'aqueduc de dérivation à l'altitude de 105m.70. Cet aqueduc, composé de conduites fermées de 1m.10, 2m.et 2m.10 de diamètre, a une longueur de 156 kilomètres depuis son origine jusqu'au réservoir de Montrouge ou Montsouris, qui reçoit l'eau de la Vanne à la cote 80 m. Les travaux de dérivation de la Vanne ont duré de 1867 à 1874; ils ont comporté 35.500 mètres de souterrains (conduite libre), 17.760 mètres de siphons (conduite forcée), 25.830 mètres d'arcades, 58.510 mètres de conduite libre en tranchée.

Cette eau est distribuée à Paris depuis avril 1875.

La pente totale sur tout ce parcours est de 25m.70.

La conduite maîtresse libre est composée d'une enveloppe annulaire en maçonnerie de pierrailles hourdées en mortier de ciment de 0m.20 à 0m.28 d'épaisseur, plus 0m.02 de chape en ciment et de 0m.02 d'enduit intérieur en ciment. Sa pente minimum est de 0m.10 par kilomètre.

Le réservoir de Montrouge, qui reçoit les eaux de la Vanne, est divisé en deux étages qui ont respectivement des contenances de 165.000 (étage inférieur) et de 140.000 mètres cubes (étage supérieur). De ce réservoir partent deux conduites principales de 1m.30 de diamètre, qui contournent Paris et se rejoignent pour former un circuit fermé, sur lequel s'alimentent les conduites secondaires.

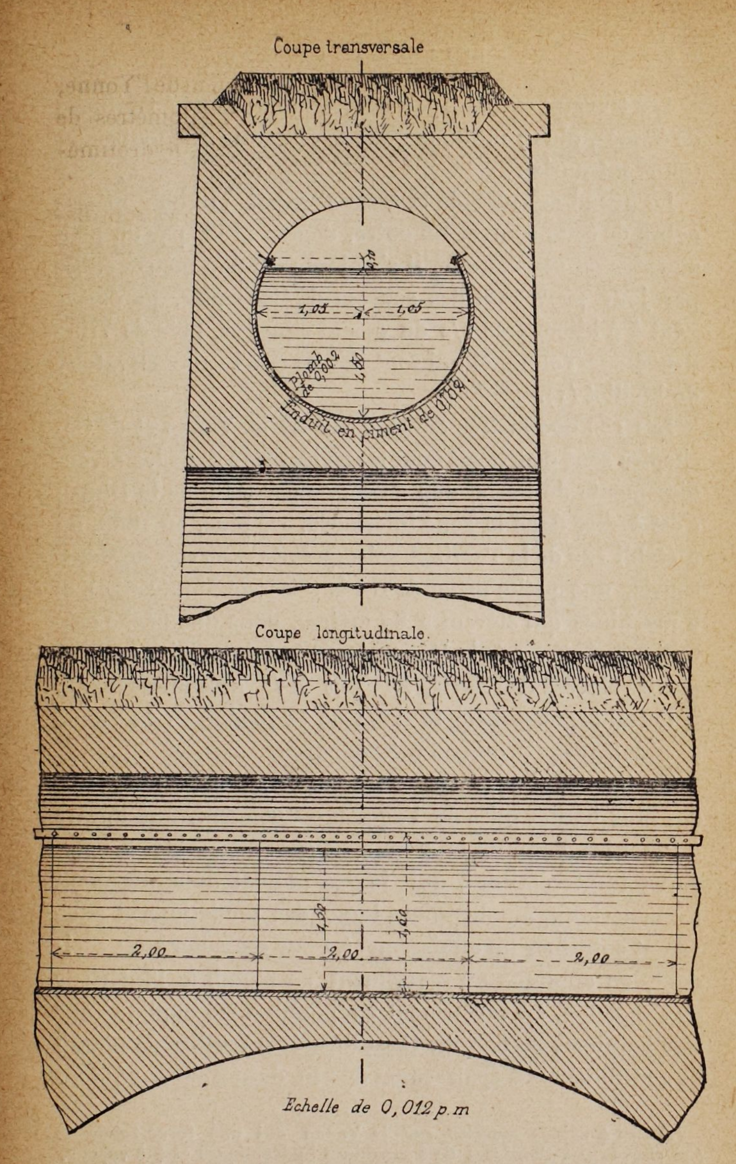


Fig. 29 et 30. — Revêtement de plomb appliqué dans l'aqueduc de la Vanne.

Les travaux exécutés par Belgrand ont coûté 40 millions de francs, plus 7 millions pour le réservoir de Montrouge (ou Montsouris).

Le grand aqueduc de la Vanne reçoit 110.000 mètres cubes de cette source. En outre, depuis 1885, par un petit aqueduc en maçonnerie, il s'y ajoute 20.000 mètres cubes par jour provenant des sources de Cochepies, qui émergent à 9 kilomètres 1/2 du grand aqueduc, près de Villeneuve-sur-Yonne, et qui sont élevées par l'usine élévatoire de Maillot (1).

Les 130.000 mètres cubes d'eau de la Vanne et de Cochepies sont distribués pour le service privé dans les arrondissements de Paris, non desservis par celui de la Dhuis, c'est-à-dire dans la zone inférieure. De plus, en 1888, on a établi rue de la Tombe-Issoire, près du réservoir de Montsouris, une petite usine de relais (dite de Montrouge), et 2 machines qui élèvent à 87 mètres, dans une bâche métallique, de l'eau de la Vanne destinée à desservir certaines parties élevées des XIIIe, XIVe et XVe arrondissements.

Certains jours d'été, le débit de l'aqueduc de la Vanne se réduit jusqu'à 90.000 mètres cubes.

En janvier 1887, un léger tassement survenu dans l'une des plus hautes piles de l'aqueduc d'Arcueil, qui amène à Paris les eaux de la Vanne, avait déterminé des fissures imperceptibles, qui incessamment désagrégeaient les matériaux, amollissaient le sol des fondations et pouvaient entraîner un affaissement. Pour remédier à cet accident, on appliqua un revêtement en plomb à l'intérieur de l'aqueduc. Le revêtement en plomb a été appliqué sur une longueur de 690 m. Il est formé de feuilles de plomb de 2 millimètres d'épaisseur et de 2 m. de largeur sur 4m.80

(1) Les 4 usines établies sur la Vanne ont une force totale de 450 chevaux et disposent de 6 machines hydrauliques et 4 à vapeur. L'usine de Laforge a été renforcée depuis 1881.

de développement; elles sont posées les unes à la suite des autres dans le sens de la largeur et ont été déroulées dans le sens de la longueur sur la paroi cylindrique de l'aqueduc qui a la forme d'un cercle de 2 m. 10 de diamètre; leurs bords s'élèvent à 1 m. 60 au-dessus du point le plus bas de la cuvette, c'est-à-dire à 0 m. 10 au-dessus de la surface de l'eau qui peut couler dans l'aqueduc; ils sont retenus de chaque côté par une tringle en fer fixée par des crampons à la maçonnerie (fig. 29 et 30). Ce travail a été couronné d'un plein succès. Depuis son achèvement on n'a pu voir une seule goutte d'eau sourdre de l'aqueduc dans toute la longueur où il a été appliqué.

En outre, il résulte du rapport de M. P. Schutzenberger que le passage de l'eau de la Vanne à travers l'aqueduc modifié par l'installation d'une cuvette en plomb n'est pas de nature à altérer la composition de l'eau de la Vanne au point de vue de la présence du plomb. L'eau qui, après l'avoir traversée, est livrée à la consommation parisienne n'a rien perdu de sa salubrité absolue (1).

Sources de l'Avre. — Pour augmenter le volume d'eau destiné à alimenter Paris, dont les exigences croissent sans cesse, malgré l'atténuation du gaspillage de l'eau, la ville de Paris a acquis en 1885 quatre groupes de sources situées : en Bourgogne, près de Châtillon-sur-Seine (110.000 mètres cubes); en Normandie (vallée de l'Avre, sources de la Vigne et de Verneuil, 120.000 mètres cubes); en Brie (sources de la Voulzie et du Durteint, 120.000 mètres cubes); et sur le Loing (100.000 mètres cubes).

La loi du 5 juillet 1890 autorisa le captage des sources de Normandie (Avre), étudiées par les ingénieurs Couche et Bechmann.

(1) Du Mesnil, *Application d'un revêtement en plomb à l'intérieur de l'aqueduc d'Arcueil* (*Ann. d'Hyg.*, 1887, tome XVIII, p. 340.)

Les protestations bruyantes et les résistances passionnées des riverains, qui ont prétendu qu'en détournant ces sources on leur causait préjudice aux points de vue de l'hygiène, de l'agriculture et de l'industrie de la région, n'ont pu être apaisées que par de larges indemnités.

La loi de 1890 a autorisé la ville de Paris à capter les sources du Bouron, du Nouvet, d'Érigny, des Chênes, des Graviers et des Foisys, dans la vallée de la Vigne, affluent de l'Avre (commune de Rueil-la-Gadelière, Eure-et-Loir), et la source du Breuil, dans la vallée de l'Avre, affluent de l'Eure (commune de Verneuil, Eure), et à exécuter les travaux de dérivation jusqu'à Paris, à la condition que le volume des eaux dérivées ne dépassera pas 1.280 litres par seconde, soit 110.000 mètres cubes par jour.

Les eaux de la Vigne, à Verneuil, marquent 18 à 19 degrés hydrotimétriques; leur température constante est de 10 à 11 degrés; elles ne renferment que 7 milligrammes de matières organiques.

Ces sources sont à 102 kilomètres de la capitale et à 150 mètres d'altitude, de sorte qu'elles peuvent être amenées à Paris par le seul fait de la gravitation. Le projet définitif de dérivation a été dressé par M. Humblot, et les travaux exécutés de 1891 à 1893.

Les sources sont captées, à leur point d'émergence, aussi profondément que possible, et amenées par deux aqueducs de prise d'eau de 3 kilomètres, se réunissant pour ne former ensuite qu'une seule conduite jusqu'à Paris. Cette conduite, partant de l'altitude de 146 mètres, aboutit sur les collines de Montretout, à la cote 187, après un parcours de 102 kilomètres.

Le plus grand des aqueducs qui alimentaient l'ancienne Rome n'avait que 92 kilomètres, et la pente dont on disposait entre les sources et le point d'arrivée n'était pas moindre de 237 mètres. L'aqueduc de la Dhuis, avec un déve-

loppement de 130 kilomètres, n'a que 20 mètres de pente, depuis le point d'émergence des sources jusqu'au réservoir de Ménilmontant. Pour celui de la Vanne, qui mesure 156 kilomètres, la pente totale dont on disposait n'était encore que de 25 m. 70.

Pour l'aqueduc de la Vigne et de Verneuil, les conditions étaient plus favorables ; cependant, la pente totale répartie

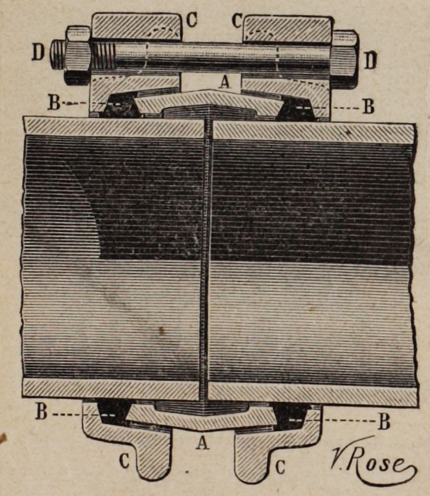


Fig. 31. — Joint Gibault.

sur son parcours de 105 kilomètres n'est que de 40 mètres, soit 0m.40 par kilomètre en moyenne.

La longueur totale de la conduite libre en tranchée (70 kilomètres), en souterrain (24 kilomètres), en relief couvert ou sur arcades, est de 94.620m.10, et celle des conduites forcées ou siphons est de 7.479m.10.

La section de l'aqueduc est circulaire, avec un diamètre de 1m.70 à 1m.80, diminuant en sens inverse de la pente ; il est en maçonnerie de meulière de 0m.20 d'épaisseur, avec enduit intérieur en ciment de 2 centimètres d'épaisseur.

Les siphons sont en fonte, de 1m.10 de diamètre, et doubles.

L'aqueduc aboutit à un réservoir construit sur les col-

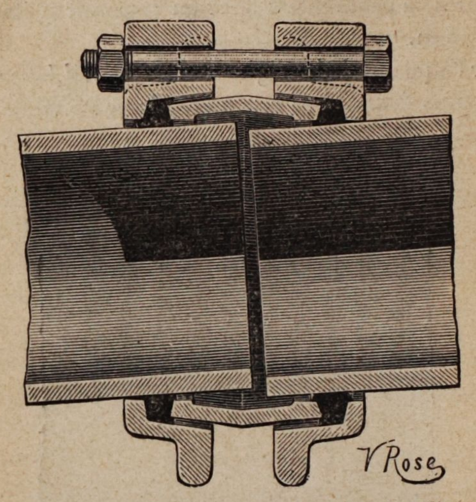


Fig. 32. — Inclinaison permise par le joint Gibaut.

lines de Montretout, au nord de Saint-Cloud, au lieu dit les Villermains. Ce réservoir comprend un seul étage divisé en 3 compartiments ou bassins, d'une capacité totale de 300.000 mètres cubes ; le premier bassin, de 100.000 mètres cubes, a été achevé en 1893 ; le second, de volume égal, a été mis en service en mars 1895. L'eau du réservoir de Saint-Cloud est amenée à Paris par une conduite en tôle d'acier doux laminé, d'un diamètre de 1m.50, permettant un débit de 1.800 litres par seconde. Cette conduite franchit la Seine, puis doit se diviser en trois branches : la première gagnera le réservoir de Montrouge (Montsouris) ; la seconde suivra la rive droite de la Seine et renforcera l'alimentation des conduites maîtresses de la Vanne ; la

troisième, seule terminée en 1893, se dirige, d'une part, dans l'étage supérieur du réservoir de Passy et, d'autre part, sur la place de l'Étoile, pour se raccorder avec les ouvra-

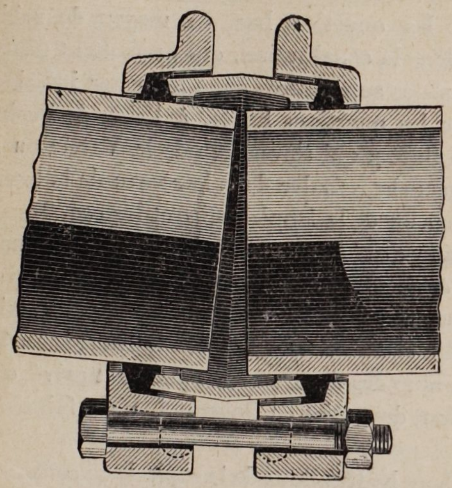


Fig. 33. — Angle des deux axes de tuyaux joint (Gibaut).

ges de distribution de la Dhuis. Cette troisième branche est exécutée au moyen d'un tuyau en fonte de $1^{m}10$ de diamètre, qui se dédouble, à partir de la place Victor-Hugo, en deux conduites de $0^{m}80$ de diamètre.

Les joints des conduites forcées ou siphons sont du système Gibaut, qui n'exige que peu de boulons, et permet une léègre inclinaison du tuyau, le libre jeu de la dilatation et facilite les réparations (fig. 31 à 33).

La dépense totale de l'opération a été de 35 millions de francs environ (dont 8 millions d'indemnités aux riverains) ; elle apporte à Paris, suivant les époques, de 60.000 à 120.000 nouveaux mètres cubes d'eau de sources, c'est-à-dire qu'on a presque doublé les ressources.

Répartition de l'eau à Paris. — Nous avons indiqué (p. 93) la répartition des eaux des diverses provenances par zones, mais, en cas de besoin, on peut augmenter le volume d'eau, de la manière suivante :

1° Pour les quartiers bas, au moyen de robinets de jonction dans la canalisation, qui permettent d'envoyer de l'eau des zones supérieures dans les zones inférieures ;

2° Pour les quartiers hauts, à l'aide de l'usine de la place de l'Ourcq, qui élève l'eau de la Vanne ou l'eau de l'Ourcq, pour la refouler dans le réseau de la canalisation de la Marne ou de la Dhuis, suivant les cas.

Il y a une *double canalisation*, placée le plus souvent dans les égouts, l'une pour la distribution des eaux de source (service privé), l'autre pour les eaux de rivière (services public et industriel). Les conduites assurent la séparation absolue des deux services public et privé, qui, avant l'adaptation du projet de Belgrand, n'en faisaient qu'un seul.

L'outillage hydraulique de la capitale se compose, depuis 1889, de 14 usines élévatoires, munies de 29 machines à vapeur et de 18 moteurs hydrauliques, représentant une force de 4.350 chevaux. En outre, il y a 4 usines de relais, avec 12 machines à vapeur et 632 chevaux.

Le *service public* ne dispose en principe que de la quantité d'eau qui n'a point été employée pour les services privé et industriel ; mais, en fait, il est de première utilité pourtant que ce service soit assuré, surtout pendant les grandes chaleurs et les temps de sécheresse.

Le service public a pour objet : le lavage des ruisseaux et des urinoirs, l'arrosage des rues et des promenades, l'alimentation des fontaines monumentales, des lacs et des rivières artificielles des grandes promenades, l'extinction des incendies, etc.

Le *lavage des ruisseaux* s'effectue au moyen de 6.500

bouches d'eau établies sous les trottoirs et débitant quotidiennement 80.000 mètres cubes, en deux fois. Cette eau, après avoir nettoyé les ruisseaux, s'écoule dans les égouts où elle contribue à faire circuler les matières. Il y a 400 robinets réservés pour l'assainissement des égouts.

Les *urinoirs*, lavés jour et nuit par des écoulements continus, consomment 9.000 mètres cubes d'eau par jour; il y a 3.500 effets d'eau pour urinoirs.

L'*arrosage* des voies publiques et des promenades exige, pendant l'été, 32.000 mètres cubes d'eau par jour. Il y a 4.500 bouches pour l'arrosement à la lance et 240 appareils de grand débit pour le remplissage des tonneaux (voy. p. 10).

Les *fontaines monumentales* qui marchent tous les jours débitent 18.700 mètres cubes; celles qui ne marchent que certains jours, 15.000 mètres cubes; les lacs et rivières des bois de Vincennes et de Boulogne, 30.000 mètres cubes. Il y a 82 appareils alimentant les fontaines décoratives, les cascades, les bassins, etc.

Sur la voie publique, les sapeurs-pompiers trouvent immédiatement l'eau en ouvrant des prises spéciales qui portent le nom de *bouches d'incendie*.

Ces bouches sous trottoirs étaient, au 1er janvier 1896, au nombre de 5.814, et débitaient plus de 4.000 mètres cubes d'eau par jour; le nombre prévu est de 7.900; lorsqu'elles seront toutes placées, elles seront distantes l'une de l'autre d'environ 100 mètres. Elles ont 0m10 de diamètre et sont branchées sur les colonnes de distribution des eaux en pression (Seine, Marne, Vanne et Dhuis). Cette pression varie de 1 à 5 atmosphères, suivant l'altitude des réservoirs de distribution. Dans le plus grand nombre de ces bouches, la pression de l'eau est suffisante pour ne pas nécessiter l'emploi de pompes.

La *longueur des conduites publiques et privées* de la

distribution d'eau à l'intérieur de Paris était de 360 kilomètres en 1854, de 1.400 kilomètres en 1873, de 2.186 kilomètres en 1893.

Le diamètre des conduites, qui mesurait autrefois au maximum $0^{m}60$, s'élève maintenant jusqu'à $1^{m}30$ et ne s'abaisse qu'exceptionnellement au-dessous de $0^{m}10$. Cette canalisation desservait, en 1891, 83.000 branchements, dont 17.000 alimentant les appareils de la rue et 66.000 faisant le service des immeubles.

En résumé, actuellement, Paris dispose théoriquement par jour de 470.000 mètres cubes d'eau de rivières pour les services public et industriel, et de 270.000 mètres cubes d'eau de sources pour son service privé domestique ; mais, par suite des pertes provenant des fuites sur les canalisations, qui sont évaluées au minimum à 14 pour 100, le volume d'eau qui peut être réellement distribué est de 405.000 mètres cubes d'eau de rivières, soit 161 litres par personne et par jour, et 233.000 mètres cubes d'eau de sources, soit 92 litres par personne et par jour (1), Paris comptant 2.512.000 habitants en 1896.

Au total, Paris peut donc disposer effectivement, pour tous ses besoins, de 638.000 mètres cubes d'eaux de toutes provenances, soit 253 litres par jour et par habitant, alors qu'il lui faudrait environ un million de litres.

Voici, d'ailleurs, la quantité théorique maximum et le détail de l'eau dont dispose Paris :

(1) En réalité même, le service privé parisien ne disposerait le plus souvent que de 67 litres par habitant et par jour, comme à Berlin, tandis qu'à Londres ce chiffre est de 129 litres.

1° *Eaux de rivières ou autres....* (Services public et industriel)..	Ourcq........	130.000 mètres cubes		environ 470.000 à 480.000 mètres cubes
	Marne et source Saint-Maur...	90.000	—	
	Seine..........	240.000	—	
Sources du sud	(Arcueil).......	1.000	—	
Sources du nord	(Belleville et Prés Saint-Gervais)			
	Puits artésiens.	19.000	—	
2° *Eaux de sources...* (service privé)	Dhuis..................	20.000		270.000 mètres cubes (1)
	Vanne et Cochepies........	130.000		
	Avre et Vigne.............	120.000		
Total général du débit théorique par jour.		740.000 m. cubes environ.		

Pendant l'année 1895, il a été distribué en réalité à Paris :

Eaux de rivières (service public)

Seine................	45.719.900	mètres	cubes.
Marne................	27.495.450	—	—
Ourcq................	52.191.350	—	—
Puits artésiens........	1.814.050	—	—
Total.......	127.220.750	—	—

Eaux de sources (service privé)

Vanne................	36.135.000	mètres	cubes.
Dhuis................	6.570.000	—	—
Avre.................	29.236.500	—	—
Total.......	71.941.500	—	—

(1) Cette quantité est bien inférieure à celle dont disposait la Rome antique. Les neufs aqueducs principaux de la cité romaine avaient ensemble une longueur de plus de 428 kilomètres et captaient une quantité d'eau de plus de 1.280.000 mètres cubes par jour, qui, malgré l'énorme déperdition sur le parcours, par fuites, évaporations et détournements de 600.000 mètres cubes, amenaient dans la ville et ses faubourgs plus de 680.000 mètres cubes d'eau de source éminemment pure et fraîche par jour, à une population de 560.000 habitants, soit 1.200 litres par habitant et par jour.

Total général : 199.162.250 mètres cubes, soit, par tête d'habitant et par jour, 225 litres d'eau.

La quantité d'eau distribuée à Paris pour ses services public et industriel répond assez bien à ses besoins ordinaires et dépasse notamment celle dont dispose Londres. Il n'en est pas de même pour son service privé, et la quantité actuelle d'eau de source, quoique sa situation, à ce point de vue, se trouve grandement améliorée depuis 1893, est encore insuffisante. Beaucoup de villes sont bien mieux pourvues.

De plus, cette quantité disponible, déjà diminuée par certaines pertes et trop faible en temps ordinaire, s'affaiblit encore parfois par suite des prélèvements anormaux de l'administration pour ses services publics, pour les bornes-fontaines, les bouches d'incendie (1), etc. Le commerce d'alimentation, les ascenseurs, etc., réduisent encore chaque jour davantage la quantité d'eau de source laissée uniquement pour la consommation, dans les maisons.

Si à cela on ajoute ce fait que, pendant l'été, tandis que les besoins des consommateurs augmentent, le débit des sources diminue, et qu'il faut encore compter avec les accidents qui se produisent parfois dans les aqueducs et les réservoirs, on s'explique pourquoi l'administration est, de temps en temps, obligée d'arrêter la distribution de l'eau de source dans certains quartiers, et cela pendant l'été, où l'eau est le plus indispensable. Force est donc de la remplacer alors momentanément encore par de l'eau de rivière, suspecte, considérée à bon droit par les hygiénistes comme le véhicule des maladies infectieuses et surtout de la fièvre typhoïde (2).

(1) Les bouches d'incendie sont en effet alimentées en eaux de source, en raison de la pression constante de ces eaux, qui permettent seules de donner des jets assez puissants pour atteindre, sans pompe, les étages les plus élevés des maisons.

(2) En juillet 1896, la Préfecture de la Seine a encore invité la popu-

Il est avéré en effet qu'à chaque période de substitution de l'eau de rivière à l'eau de source a correspondu une augmentation des décès typhoïdiques et qu'à Vienne (Autriche) la fièvre typhoïde a disparu depuis que l'eau de source seule est distribuée aux habitants.

Il faut donc à tout prix augmenter la quantité d'eau potable mise à la disposition de la population parisienne.

Le système de filtrage des eaux de rivière à travers le sable, mis en avant, est trouvé trop aléatoire par certains, qui prétendent qu'il laisse passer les substances dissoutes dans l'eau des pluies, et les microbes infectieux, et que les filtres doivent être trop souvent réparés, etc.

M. Bechmann assure que, pour filtrer par le sol de l'eau de Seine prise en amont de Paris (ce qui ne serait que l'extension du système d'épuration des eaux d'égout par le sol), il faudrait employer des millions d'hectares non cul-

lation à fermer ses robinets d'eau de source de 9 heures du soir à 5 h. du matin, à économiser l'eau le plus possible sous peine d'en manquer pendant les fortes chaleurs. Voici une partie de ce document.

« Depuis le 7 juillet 1896, la consommation journalière d'eau de source, qui était de 200.000 mètres cubes, s'est élevée jusqu'à 240.000 mètres ; dans le même temps, le produit des aqueducs de la Dhuis, de la Vanne et de l'Avre descendait de 200.000 à 197.000 mètres cubes par 24 heures Pour suffire à cet excédent de consommation et à cette diminution parallèle de l'adduction normale, les réservoirs ont dû fournir du 7 au 14 juillet, 185.000 mètres cubes. En supposant que cette période de chaleurs excessives continue, l'approvisionnement que les réservoirs contiennent ne pourrait aider longtemps à donner satisfaction à l'intensité des besoins actuels, si la population ne renonçait pas momentanément à l'usage de l'eau de source pour l'arrosage des cours et jardins, le lavage des devantures, trot toirs, vérandas, toitures vitrées, etc..., et si elle n'acceptait pas la fermeture des robinets de 9 heures du soir à 5 heures du matin. »

Pour se mettre en garde contre un accident dans les aqueducs ou contre une sécheresse prolongée, le Conseil municipal a décidé en 1896, la construction à l'usine élévatoire de Saint-Maur de vannes de décantation et de filtration à sable pouvant produire 20.000 mètres cubes d'eau potable par 24 heures, afin de substituer les eaux de rivière filtrées aux eaux de source dans le cas où celles-ci feraient défaut temporairement, la construction de deux bassins de décantation, de 4 bassins filtrants, d'un réservoir d'eau filtrée, de conduites d'amenée des eaux à filtrer et des eaux filtrées.

tivés, et les protéger contre toute contamination, ce qui reviendrait d'autant plus cher que l'évaporation réduit considérablement la quantité d'eau ainsi filtrée.

On a parlé de la création de lits artificiels de filtration dans des bassins de décantation, comme cela se pratique à Londres. Si l'on prenait les mêmes précautions d'entretien, si on opérait des nettoyages deux fois par mois, on pourrait obtenir par jour 2^{m3},25 d'eau filtrée par mètre carré de filtre.

Devra-t-on demander le complément d'eau nécessaire à l'épuration d'eaux, prises à l'amont, par des procédés chimiques, physiques ou mécaniques, procédés Anderson, etc.? (voir pp. 73 à 78).

Le docteur Auguste Ollivier a proposé l'établissement dans les maisons de deux canalisations, l'une affectée à l'eau de source pour la boisson et la cuisine, l'autre à l'eau de rivière pour tous autres usages; l'établissement de ce système coûterait, assure-t-on, 130 millions et pourrait créer peut-être une certaine confusion. Aussi, en faisant la même dépense, paraît-il préférable, et c'est la seule solution pratique, de pratiquer l'adduction de nouvelles eaux de sources.

Sources du Loing et du Lunain. — Les sources du Loing et du Lunain ont été acquises par la ville de Paris dès 1885. C'est seulement la loi du 10 juillet 1894 qui a réservé 50 millions pour « l'achèvement de la distribution d'eau, la construction de réservoirs, les améliorations diverses des conduites, des bassins de filtrage, des aqueducs, des canaux, etc., la dérivation du Loing et du Lunain »... Mais ces travaux ne sont pas commencés, car le projet n'est pas encore adopté définitivement en 1897.

Les sources, qui sont au nombre de quatre dans la vallée du Loing (la Joie, Chaintreauville, les Bignons et le Sil)

et de deux dans celle de son affluent le Lunain (Villemer et Saint-Thomas), renforceraient d'un apport quotidien, évalué de 40.000 à 100.000 mètres cubes le réservoir de Montrouge (Montsouris), qui reçoit les eaux de la Vanne.

Deux petits aqueducs collecteurs des sources, de 7 et de 14 kilomètres, aboutiront à Sorgues, à l'entrée de la forêt de Fontainebleau, à une usine élévatoire qui refoulera les eaux dans l'aqueduc principal.

Cet aqueduc, de 73 kilomètres entre Sorgues et Montsouris, aura 10 kilom. en siphon avec conduite forcée.

La conduite d'amenée rencontrera, à 4 kilomètres de Moret, vers la Croix-du-Grand-Maître, l'aqueduc de la Vanne, auquel elle sera juxtaposée sur tout son parcours, sauf aux approches de Paris, où elle traversera la vallée de la Bièvre en siphon, d'Arcueil à Gentilly. Cette disposition permettra l'utilisation exclusive de l'une des deux canalisations dans les cas de réparations à l'autre.

Le prix des travaux d'adduction du Loing ou du Lunain est évalué à 25 millions.

Il serait facile, dans ce même aqueduc, de conduire plus tard aussi les eaux de la Voulzie (qui se jette dans la Seine entre Montereau et Nogent-sur-Seine), par un autre aqueduc rejoignant celui du Loing près de Moret.

L'eau du lac de Genève à Paris. — La captation et l'adduction successive à Paris des eaux de la Dhuis, de la Vanne et de l'Avre n'a été qu'un expédient à la pénurie d'eau d'une population qui augmente sans cesse et demande tous les jours plus d'eau potable. La dérivation projetée du Loing, voire même la dérivation de deux ou trois autres sources ne seront encore que des solutions partielles qui ne résoudront pas d'une façon large et définitive la question de l'eau à Paris, d'autant plus que l'agglo-

mération de Paris et de la banlieue atteindra bientôt 4 millions d'habitants ; aussi certains ingénieurs ont-ils cherché un remède plus efficace qui consisterait à s'adresser à un réservoir naturel inépuisable. On a parlé des eaux de la Loire, de celles du val d'Orléans (projet Sainjon), de celles du lac de Neufchâtel (projet Ritter), mais le projet qui a fait le plus de bruit est celui de MM. Duvillard et Badois, relatif à l'adduction des eaux du lac de Genève, dont une portion est française, ce qui faciliterait les négociations à entamer avec la Suisse.

Le lac de Genève ou Léman a 600 kilomètres carrés et ses eaux sont assez pures, quoique inférieures à celles des sources qui avoisinent Paris.

La prise d'eau serait située dans le petit lac, en amont d'Hermance (village suisse), sur le territoire et dans les eaux de notre département de la Haute-Savoie, arrondissement de Thonon ; de cette prise d'eau, dont l'orifice d'entrée sera à environ 400 mètres du rivage, la conduite part en souterrain à travers le plateau de Veigy, au pied des monts Voirons, en contournant la frontière suisse pour passer sous Annemasse et l'Arve ; puis, toujours en souterrain, elle longe le pied du Salève et va déboucher, à ciel ouvert, sur la rive gauche du Rhône. Après avoir suivi le fleuve sur 8 kilomètres, elle perce à son pied ouest le mont Vuache et débouche dans la vallée des Usses, rivière dont elle suit la rive droite jusqu'au Rhône, quelle franchit sur un pont-aqueduc à Bassy. A Seyssel, le canal se trouve sur la rive droite du fleuve, la suit jusqu'à Culoz, pour s'infléchir brusquement vers l'ouest, passer à Virieu et pénétrer sous l'extrême pointe sud des monts de Chasse, pour retomber sur la rive droite du Rhône, qu'il côtoie jusqu'à Lagnieu. En quittant le fleuve, il franchit la rivière l'Ain, pour pénétrer dans le plateau des Dombes et traverser la vallée de la Saône au-dessous de Mâcon. Son entrée dans

le massif des Cévennes a lieu en un point où leurs faîtes sont peu élevés et où les cours d'eau du versant de la Saône coulent du sud au nord et ceux du versant de la Loire du nord au sud ; le débouché se fait près du canal du Centre, dans la vallée de la Bourbince, affluent de la Loire.

Afin d'éviter les parties élevées du massif du Morvan, le tracé s'appuie sur le versant de la Loire et va franchir l'Aron à Saint-Gratien ; il remonte le cours de cette rivière sur 30 kilomètres, puis se tient sur les sommets des versants de l'Yonne et du Loing, passe à l'ouest et en dehors de la forêt de Fontainebleau en se dirigeant sur Clamart et Paris, où il arrive après un parcours de 539 kilomètres.

L'altitude des basses eaux du lac est 371, celle de l'arrivée à Paris 100 au radier et 103 à l'intrados, ce qui constitue une différence de 268 mètres, soit une pente kilométrique de 0m.50; cette pente moyenne subit des variations suivant l'intérêt économique des régions traversées.

Le lac de Genève pourrait fournir facilement à Paris un million de mètres cubes d'eau fraîche et pure; de plus l'aqueduc d'amenée ne pourrait-il pas approvisionner d'eau les départements qu'il traverserait et être par suite plus national que parisien ?

Réservoirs parisiens. — Les eaux qui alimentent Paris sont, avant leur distribution, envoyées par les tuyaux de refoulement des machines élévatoires ou par les aqueducs, dans les bassins disséminés sur les points culminants de la capitale. Ces réservoirs, qui sont presque des bassins d'eau courante, et par suite supportent peu de pression, servent de régulateurs pour l'alimentation qui est continue et la distribution qui est intermittente. Ces réservoirs sont au nombre de 18 et c'est d'eux que partent les canalisations

qui sillonnent toutes les voies. En voici la liste, avec leur capacité et l'indication des eaux qui les alimentent :

	Mètres cubes
Montrouge ou Montsouris (2 étages) (eaux de la Vanne et de Cochepies) (1)................	305.000
Saint-Cloud (3 bassins) (eau de l'Avre)........	300.000
Ménilmontant (2 étages) (eaux de la Dhuis, de la Marne et de la source Saint-Maur)..........	136.000
Grand-Passy-Villejust (4 bassins) (eau de Seine et de l'Avre)...............................	37.000
Villejuif (2 bassins) (eau de Seine).............	25.000 (2)
Belleville, rue du Télégraphe (2 étages) (eaux de la Marne et de la Dhuis)......................	17.700
Gentilly (2 compartiments) (eau de Seine)........	12.000
Montmartre (2 compartiments) (eau de Seine, de Marne et de Dhuis)........................	11.000
Monceau (eau de l'Ourcq)......................	10.000
Vaugirard (2 bassins) (eau de l'Ourcq)..........	8.900
Buttes-Chaumont (eau de l'Ourcq)..............	8.800
Saint-Victor (2 bassins) (eau de l'Ourcq).........	7.000
Grenelle, rue de l'Abbé Groult (eau de Seine)....	6.500
Racine (3 bassins) (eau de l'Ourcq)...........	5.800
Charonne, rue des Prairies (eau de Seine)......	5.600
Panthéon (3 bassins découverts) (eau d'Arcueil et de Seine)................................	3.800
Cimetière du Petit-Passy (eau de Seine)........	2.600
Château, rue Lepic (cuve en tôle) (eau de Seine).	154

Tous ces réservoirs sont visités quotidiennement et à la moindre fissure on arrête l'arrivée de l'eau et l'on répare.

(1) Les eaux du Loing et du Lunain seront envoyées bientôt aussi au réservoir de Montsouris.

(2) Le réservoir de Villejuif doit comprendre des bassins de 50 000 mètres cubes.

CHAPITRE V

UTILISATION DES EAUX D'ÉGOUT (1)

Les résidus solides et liquides dont on a débarrassé la maison, puis la ville, ne peuvent être conservés, sans danger pour la santé publique, dans les dépotoirs infects, où l'on traite souvent les matières de vidanges. L'écoulement direct à l'égout, à mesure qu'il est appliqué, en supprimant la vidange, fait aussi disparaître, d'ailleurs, les industries qui en vivent.

Il est impossible, de même, de déverser toujours les égouts dans les cours d'eau qui traversent les cités et qui sont, pour certaines villes en aval, leur unique moyen d'alimentation en eau.

L'envoi à la mer n'est réalisable que dans des cas particuliers; ce n'est donc pas une solution d'une application générale.

Ces deux systèmes laissent perdre, en outre, la quantité considérable de produits fertilisants renfermés dans les eaux d'égout.

Les procédés de décantation, de filtration mécanique ou le traitement chimique n'ont donné que des résultats locaux, inapplicables en grand. Le procédé le plus pratique est l'action du sol combinée avec la végétation.

Épuration mécanique (2). — Les procédés mécaniques

(1) Pour les égouts, voy. Barré, *la Maison salubre*. Paris, 1897.

(2) Une partie des données suivantes sont résumées d'après un rapport du Dr Proust.

d'épuration sont le barrage, le barbotage et la filtration.

En établissant des *barrages* ou de grands réservoirs, on arrive, par le repos, à faire précipiter les matières suspendues dans l'eau, ce qui permet de laisser écouler le liquide clarifié. On débarrasse ainsi les eaux de la silice et des autres substances minérales solides qu'elles charrient et des matières organiques qui ne sont point à l'état de solution.

Ce procédé présente un double inconvénient. D'abord, le liquide qui s'écoule des bassins collecteurs est encore chargé de matières organiques fermentescibles en dissolution. D'un autre côté, la fermentation de bassins aussi considérables donnerait lieu à un foyer d'émanations pestilentielles, qui exercerait l'influence la plus fâcheuse sur la santé de la population environnante. Pour une ville comme Paris, il s'agirait de 500 mètres cubes de dépôts par jour; leur extraction, leur manutention, leur transport, leur déchargement constitueraient autant d'opérations coûteuses et dangereuses. Les applications faites à Reims, Birmingham, Blackburn et Newcastle ont démontré l'imperfection, la cherté et le danger du système.

Le procédé du *barbotage*, préconisé par M. Lauth, a donné, après l'opération, des eaux contenant encore 27 grammes d'azote soluble par mètre cube. Or, les règlements anglais déclarent impures les eaux contenant plus de 3 grammes d'azote par mètre cube.

Quant à la *filtration*, elle ne peut être conseillée que pour des volumes d'eau peu considérables (1).

Epuration chimique. — Ces procédés, qui utilisent le sulfate d'alumine, la chaux vive, l'hypochlorite de chaux, le phosphate de chaux, le charbon, etc., ont pour but de

(1) Voir pourtant les essais de filtration en grand, pp. 73 à 78.

précipiter les matières organiques dissoutes ; le précipité recueilli au fond des bassins est employé comme engrais.

Le meilleur de ces réactifs paraît être, d'après M. le Dr Proust, le sulfate d'alumine, qui produit une sorte de collage, mais il reste des matières organiques dissoutes dans l'eau. L'eau ainsi traitée contient encore de 1/2 à 2/3 de l'azote total de l'eau d'égout. Frankland, en Angleterre, a constaté que ce procédé ne faisait disparaître qu'un tiers des produits nuisibles. Enfin, l'engrais obtenu est trop pauvre et l'on ne trouverait que difficilement à l'employer dans le voisinage d'une ville qui, comme Paris, donnerait un stock, d'au moins 500 mètres cubes par jour. Mais la purification chimique peut rendre de grands services pour de petites applications (voir pp. 164 et suiv.).

Un procédé, dû à M. Howatson, appliqué avec succès à l'usine d'Huddersfield, et dans d'autres villes anglaises, épure les eaux d'égout par l'emploi de deux réactifs spéciaux, le *ferozone* et le *polarite*. Les eaux d'égout sont d'abord purifiées chimiquement par le ferozone avec lequel elles se mélangent dans des bassins spéciaux ; les eaux mélangées au ferozone arrivent alors dans des canaux à air libre où a lieu la décantation en 4 heures 1/2. Les matières en suspension et le précipité forment des dépôts au fond et les eaux sont expulsées par un siphonnage dans des filtres-presses, puis dans des filtres au silex et au polarite (1).

Purification par l'action du sol (2). — Les eaux d'égout, distribuées par l'irrigation sur un sol perméable, abandonnent leurs principes fermentescibles aux couches

(1) Voir l'exposé complet des procédés Howatson, dans *le Génie civil* du 16 mai 1896. Voir aussi plus loin p. 171.

(2) Voir aussi p. 165.

qu'elles traversent et deviennent ainsi l'un des engrais les plus puissants. Le sol est en effet l'épurateur le plus parfait des eaux chargées de matières organiques.

Lorsque des eaux impures sont versées sur un sol meuble, les matières insolubles sont d'abord arrêtées par la surface, comme par un filtre. Quelques particules assez ténues pour franchir ce premier obstacle sont bientôt fixées un peu plus bas. C'est un simple filtrage mécanique. L'eau débarrassée de ses matières insolubles descend plus avant. Le sol s'en imbibe; chaque particule de terre s'enveloppe d'une couche liquide extrêmement mince ; ainsi divisée, l'eau présente à l'air confiné dans le sol une surface énorme. Alors s'opère le second effet de l'irrigation : la combustion de la matière organique dissoute dans l'eau d'égout. Il suffit, pour que ce résultat soit obtenu, qu'un sol quelconque soit suffisamment aéré et renferme au moins quelques traces de calcaire.

Les eaux d'égout contenant toujours d'assez fortes proportions de chaux, o k. 400 par mètre cube à Paris, s'oxydent même en traversant un sol absolument siliceux, tel que du sable quartzeux calciné au rouge.

Cette oxydation est le résultat d'une fermentation azotique, due à des organismes analogues au *Mycoderma aceti* de Pasteur. Ces organismes, décomposant les matières organiques, fixent l'oxygène et donnent naissance à de l'acide azotique, qui, se combinant avec la chaux du sol et des eaux, produit des azotates, matières minérales absolument inoffensives ; la nitrification, opérée dans ces conditions, est arrêtée absolument, lorsqu'on introduit dans le sable du chloroforme. MM. Schloesing et Frankland ont démontré que, pour certains terrains, cette action combustible, épuratoire, pouvait s'exercer efficacement pour des cubes de 50.000 à 100.000 mètres cubes par hectare et par an.

Les analyses des eaux souterraines de Gennevilliers ont montré que les puits ne renfermaient pas une quantité d'azote ammoniacal organique supérieure à celle des eaux potables de Paris (0 gr. 00016).

La végétation vient aider le sol dans cet acte d'épuration. Par l'évaporation, les plantes dépensent une partie de l'eau versée sur le sol et servent ainsi à l'évacuation des liquides ; elles consomment aussi une partie de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique qui en dérive et en déchargent d'autant les eaux épurées.

Dans le mécanisme de l'épuration, le mouvement de l'eau se décompose en trois temps : la distribution des eaux impures à la surface, la filtration à travers le sol épurateur, l'évacuation des eaux épurées, c'est-à-dire l'arrivée, le travail et le départ.

Le mouvement de l'air consiste en échange entre le sol et l'atmosphère, ayant pour effet de renouveler constamment la provision d'oxygène dans le sol, à mesure qu'elle est consommée par la combustion des impuretés de l'eau ; le drainage vient régulariser ce mouvement.

M. Marié Davy a placé dans 4 anciens bassins de Gennevilliers, 1 m.80 à 2 mètres de hauteur de terrain normal de cette plaine. Des tuyaux de drainage ont été placés sur le fond qui est garni, comme les côtés, d'un enduit imperméable. On mesure exactement l'eau introduite dans chacun des bassins, et on recueille au centimètre cube près l'eau qui filtre jusqu'à la couche des drains.

Des plantes diverses, et notamment des prairies, luzernes, maïs, betteraves, etc., sont installées sur la surface des bassins et pesées avec le plus grand soin au moment de la récolte. On peut donc tenir un compte exact de l'eau introduite, de l'eau parvenue au sous-sol, de l'eau absorbée et évaporée par les plantes. L'épuration s'est toujours montrée absolument parfaite au point de vue chimique,

ne laissant que 6 grammes d'azote organique sur 2.262 grammes introduits et 11 grammes d'azote ammoniacal sur 10.597 grammes introduits.

D'après MM. Marié Davy et Miquel, tandis qu'un centimètre cube d'eau contient 35 microbes, l'eau de la Vanne 62, l'eau de la Seine 1.200 et l'eau d'égout, à la sortie du grand collecteur, 20.000, les eaux des drains de Gennevilliers n'en renferment que 13 à 24. L'eau d'égout devient donc, après son filtrage dans le sol, parfaitement pure et salubre.

D'après M. Marié Davy, sur 24.000 mètres cubes introduits à l'hectare en une demi-année, il n'en est pas arrivé 1.600 à 1m.80 de profondeur; il en conclut qu'en versant sur le sol 5.000 à 6.000 mètres cubes par mois, soit 60.000 à 72.000 par an et par hectare, il n'arrive pas un tiers de l'eau versée à la nappe souterraine.

La végétation intervient donc comme un puissant drainage vertical; le sol a transformé les eaux impures qu'il a reçues, les a oxydées et en a fait un excellent engrais liquide. Les plantes absorbent à leur profit les éléments utiles de cet engrais et rendent à l'atmosphère, par l'évaporation, la presque totalité du liquide qui a servi de véhicule.

Pour arriver à une bonne épuration, il faut entretenir le plus possible l'aération du sol, distribuer l'eau régulièrement, de manière que sa descente à travers le sol dure au moins le temps voulu pour son épuration, et prendre, quand cela est nécessaire, des dispositions pour l'évacuation de l'eau, afin de ne jamais l'accumuler dans le sol. En suivant ces règles, on peut, suivant certains auteurs, épurer sur un sol perméable, d'une épaisseur filtrante de 2 mètres, 50.000 mètres cubes d'eau d'égout par hectare et par an. A Gennevilliers, on a même pu aller à un moment jusqu'à 100.000 mètres cubes, et en Angleterre jusqu'à 120.000, mais ce sont là des exceptions.

A Édimbourg, le système est pratiqué depuis un siècle; des prairies établies sur un terrain sablonneux et ne rapportant que 50 fr. par an, ont atteint, par ce régime, une valeur locative de 1.500 fr. Des résultats analogues ont été obtenus à Dijon et Reims (France), à Croydon (près Londres), Rugby, Londres (Lodge-Farm), Merthyr-Tidfil (en 1870), Milan, Novare, Florence, Buda-Pesth, Dantzig, Francfort-sur-le-Mein, Breslau, Berlin, Valence (Espagne), Bruxelles, Lausanne (Suisse), etc. Le système est employé avec succès dans plus de 145 villes anglaises.

Les essais commencés en 1869 près de Paris, à Gennevilliers, par MM. Mille et Alfred Durand-Claye et repris en 1872, ont pris depuis une grande extension là, puis à Achères. (Voir plus loin pp. 142 et suivantes.)

A la station d'expériences de Lawrence, dans l'état de Massachussets (E.-U.), on a étudié la *puissance épurative* des terrains perméables, afin d'appliquer une loi votée par cet État en 1886 et complétée en 1888, sur la protection de la pureté des cours d'eau et sur le meilleur système d'aménagement des égouts. On a pris les eaux d'égout provenant d'un quartier de 10.000 habitants et représentant la moyenne des eaux résiduaires d'une ville ordinaire.

Les expériences se sont faites sur des bassins de $5^{m},20$ de diamètre et de $1^{m},80$ de profondeur de terrain filtrant. L'épuration a pu être obtenue à raison de volumes d'eau d'égout ayant varié de 44.000 à 340.000 mètres par hectare et par an, et les expérimentateurs ont donné les conclusions suivantes :

Renouvellement de l'air dans la masse du terrain filtrant;

Epandage intermittent et très fractionné.

Le gros sable et le gravier sont presque les seuls terrains sur lesquels on puisse compter ; encore faut-il disso-

cier et remuer fréquemment la croûte superficielle de dépôts organiques, pour éviter le colmatage et l'obstruction.

Il n'y avait sur les bassins aucune végétation, ni aucune culture. En quatre ans, les bassins filtrants ne se sont nullement saturés et, malgré l'énorme quantité traitée, ils n'ont pas perdu leur puissance épurative qui dépend avant tout du renouvellement incessant de l'air, c'est-à-dire de l'agent comburant.

La loi française de 1889 a prescrit un maximum de 40.000 mètres cubes, sans mare stagnante, sur les terrains d'Achères, comme condition à remplir pour faire de l'épuration avec de l'utilisation partielle.

D'après M. Hervé Mangon, pour une utilisation sérieuse, cette dose doit être beaucoup réduite, le sol et la récolte pour les plantes les plus exigeantes ne fixant pas au delà de l'azote que peuvent donner 10 à 12.000 mètres cubes.

Le dosage annuel moyen des terrains autour de Berlin oscille entre 7.000 mètres cubes (pour une nappe souterraine de 1 mètre seulement d'épaisseur) et 13.000 m. c. à l'hectare. A Dantzig, avec des terrains meilleurs, on traite 30 à 60.000 mètres cubes par hectare ; à Breslau, 35 à 40.000, comme à Gennevilliers et à Édimbourg.

A Croydon, près Londres, 185 hectares servent depuis plus de 20 ans à l'utilisation des vidanges de 50.000 habitants ; on y verse donc environ 22.000 mètres cubes à l'hectare, et la moyenne des villes anglaises est de 15.000 à 20.000 mètres cubes.

En réalité, cette quantité est variable suivant les terrains et les cultures.

— Une tonne de fumier de ferme contient 4 kilog. d'azote, et l'on considère que 30.000 kg. de fumier par hectare constituent une fumure suffisante pour une récolte

moyenne en herbes fourragères, et que, pour les racines fourragères (betteraves, etc.), la quantité de fumier peut être utilement portée jusqu'à 100 tonnes, contenant 400 kilog. d'azote par conséquent.

Comme 1.000 mètres cubes d'eaux d'égout contiennent 30 kg. d'azote, il suffit donc de *13.000 mètres cubes d'eaux d'égout par hectare* et *par an* pour avoir l'équivalent de la quantité suffisante de fumier. Par suite, si l'on répand sur un sol 40.000 mètres cubes, comme à Achères, on apporte au champ de culture un grand excès inutile de fumure et il n'y a qu'utilisation partielle.

M. le Docteur Cornil, sénateur, a fixé à 8 francs la valeur de l'engrais fourni par an par un individu. En effet, l'analyse de l'engrais humain donne :

	Solides.	Liquides.	Ensemble.
Quantités par individu et par an	48 kg	438 kg	486 kg
Matières fixes................	11 —	23 —	34 —
Contenant:			
Azote..................	0,80	4,40	5,20
Acide phosphorique.......	0,60	0,66	1,26
Potasse.................	0,26	0,81	1,07

Etablissons le prix:

Azote 5kg,20 à 1fr. 35	= 7fr., 02	Total : 7fr. 83
Acide phosphorique 1k,26 à 0fr. 30	= 0 , 38	
Potasse 1k,07 à 0fr. 40	= 0 , 43	

Pour plus de 3 millions d'individus (population de Paris et de sa banlieue), cela fait donc environ 24 millions de francs par an. En y ajoutant les déjections de tous les animaux de Paris, les eaux ménagères et les eaux des lavages publics, on arriverait à une valeur d'engrais de 35 millions de francs fournis par an par Paris, lorsque le système du « tout à l'égout » sera général.

Question médicale. — On a accusé le système des irrigations du sol par les eaux d'égout de provoquer des maladies infectieuses, des dyssenteries, des fièvres intermittentes; on l'a même accusé de favoriser chez l'homme la production des entozoaires. Sans doute, dit le Dr Proust, certaines maladies infectieuses, telles que le choléra et la fièvre typhoïde, peuvent se transmettre par les déjections alvines et, par suite, par l'eau qui renferme ces déjections; mais ces contages, ces espèces de ferments animés n'ont, lorsqu'ils sont exposés au grand air, qu'une existence éphémère.

L'expérience a confirmé ces appréciations et bien que les eaux d'égout reçoivent les déjections d'un certain nombre de fièvres typhoïdes, on n'a pas observé un plus grand nombre de ces maladies à Gennevilliers, depuis le moment des irrigations; on n'a pas observé non plus, dans cette commune, de cas plus nombreux de dyssenterie et de diphtérie.

La fièvre intermittente a donné lieu à beaucoup plus de discussions. Les enquêtes faites à Édimbourg, à Croydon, à Norwood, à Barking, etc., en Angleterre, où les irrigations ont été pratiquées, ont établi que nulle part on ne constate d'affections palustres.

A Gennevilliers, au contraire, on parlait en 1875 de nombreux fiévreux. Il est évident que, s'il y avait des eaux stagnantes, si l'irrigation était mal faite, il y aurait là une cause inévitable d'infection palustre. Tout se réduit donc à une question de proportion et d'application. Les irrigations bien faites ne provoquent aucune maladie déterminée. Depuis que ce drainage est convenablement pratiqué, il n'y a plus de fièvres intermittentes à Gennevilliers.

MM. Marié Davy et Miquel ont montré que les microgermes de bactériens ou vibrioniens diminuaient en nom-

bre dans l'atmosphère pendant les périodes d'humidité. L'humidité du sol rend les vibrioniens plus adhérents à la terre et empêche les vents de les disperser avec les poussières qu'ils soulèvent.

Quant à l'accusation portée contre les irrigations de Gennevilliers d'avoir été l'une des causes de la proportion plus considérable des tœnias qu'on observe à Paris depuis plusieurs années, elle ne repose non plus sur aucun fondement. D'ailleurs, la population qui, à Gennevilliers, n'était que de 2.186 habitants en 1869, est montée à 7.368 habitants en 1896, ce qui est en faveur de la salubrité de la commune.

Le Dr P. Brouardel avait exprimé l'opinion que le sol est uniquement susceptible d'arrêter les organismes morts contenus dans les eaux polluées, mais incapable de tuer les organismes vivants qu'elles apportent. Pasteur a aussi parlé contre l'utilisation agricole des eaux d'égout.

Aujourd'hui ces opinions perdent chaque jour du terrain et les congrès d'hygiène de Vienne (1887), de Paris (1889), de Londres (1891) ont hautement affirmé l'excellence de l'épuration par le sol.

Le sol, imprégné d'air et de lumière, est, dit M. S. Périssé, le meilleur milieu dans lequel les matières azotées nuisibles se convertissent en produits nitrifiés inoffensifs, et dans lequel se détruisent les micro-organismes pathogènes, si le sol est suffisamment perméable et si la quantité d'eau versée est proportionnelle à la faculté épuratrice du sol, qu'il importe dans chaque cas de déterminer expérimentalement. C'est « le rien au fleuve » et le « tout à la terre ».

Des légumes de Gennevilliers ont été traités au laboratoire du Dr Cornil, et l'examen microbiologique n'a fait constater aucun germe, aucun microbe, susceptible de pulluler sur des milieux nutritifs appropriés. M. le Dr Grancher, collaborateur de Pasteur, a arrosé avec des bouillons de

microbes de la fièvre typhoïde la terre où il avait ensemencé des radis et il a constaté que la pulpe de ces radis ne contenait aucun microbe de la fièvre typhoïde.

MM. Cornil, Grancher, Chantemesse, Widal et Deschamps, après avoir répandu pendant 3 mois 1/2 des bacilles typhoïdes sur des terrains, n'ont jamais retrouvé le bacille à plus de $0^{m},40$ de profondeur et l'eau recueillie à cette profondeur était absolument saine, parce que, selon l'expression du Dr Proust, la terre est le « cimetière des microbes ».

Méthodes d'irrigation. — Les irrigations se font par plusieurs méthodes.

Dans la méthode des *ados* (fig. 34), le terrain est dis-

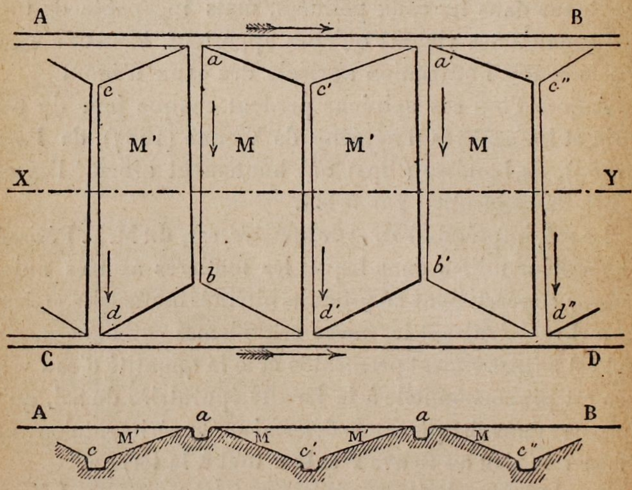


Fig. 34. — Irrigations par ados.

posé en planches rectangulaires figurant des toits aplatis à double pente : l'eau arrive par des rigoles longeant l'arête du sommet du toit ; elle se déverse sur les planches

rectangulaires en pente, se réunit dans des rigoles creusées au bas des toits, puis s'écoule dans un canal d'évacuation.

Dans la méthode par *déversement* (fig. 35), qui convient pour terrains en pente, le sol est sillonné par des

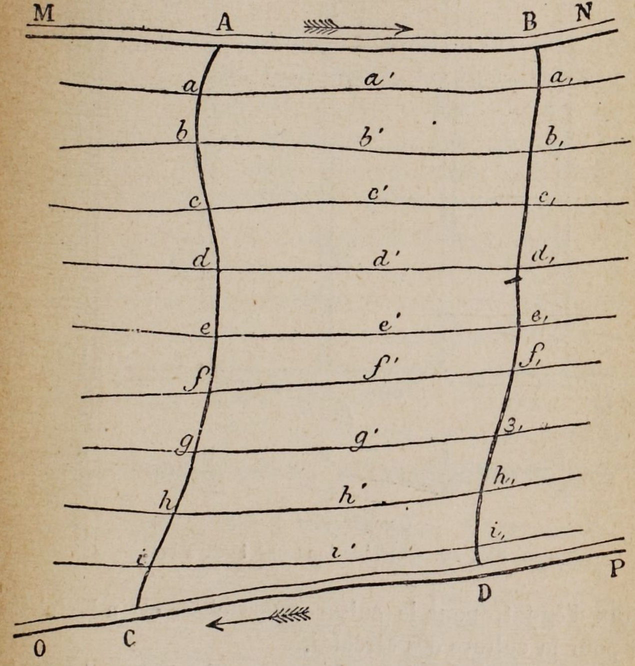


Fig. 35. — Irrigations par déversement.

rigoles établies suivant des horizontales de niveau. L'eau arrive par les rigoles, inonde le sol intermédiaire, puis s'écoule à la partie inférieure.

Les deux méthodes précédentes conviennent bien aux prairies.

Dans la méthode par *infiltration* (fig. 36), l'eau arrive

et se répand dans des rigoles horizontales espacées d'environ 2 mètres, qu'elle remplit sans déborder, puis s'infiltre dans le sol. Le système convient pour l'emploi des

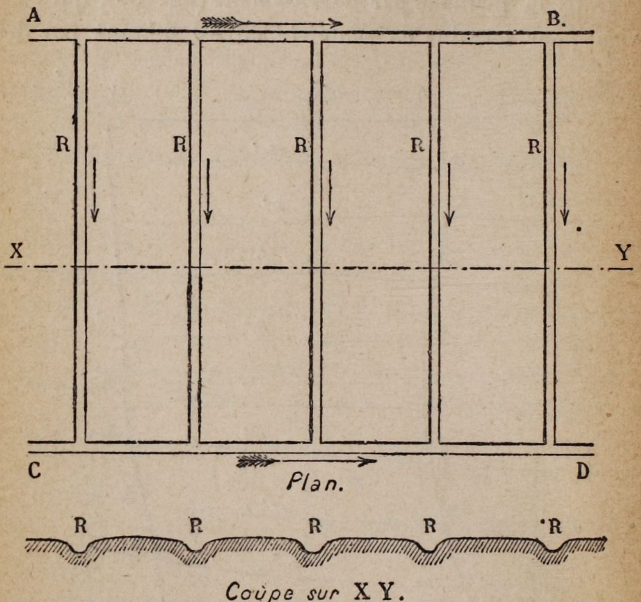


Fig. 36. — Irrigations par infiltration.

eaux d'égout, pour la culture maraîchère et industrielle et pour la culture des céréales.

La méthode par *submersion* est employée pour les prairies, les rizières, etc., et pour la destruction du phylloxéra.

Procédé mécanique et irrigations simultanées. — Ce système mixte consiste à débarrasser les eaux d'égout par des dépôts ou une filtration avant de les employer à l'irrigation. Ce procédé, d'après le Dr Proust, ne semble avoir aucun avantage. La filtration préalable des matières

solides, légères, entraînées par les eaux dans les canaux d'irrigation, est inutile, l'eau d'égout les transportant et les distribuant sur de larges surfaces. D'ailleurs, les matières en suspension dans l'eau d'égout jouent un rôle utile pendant le répandage dans les sols graveleux. En obstruant les rigoles, elles permettent à l'eau de s'étendre plus également.

La seule opération préalable à exécuter avant de diviser les eaux sur le sol est l'élimination des sables par un procédé mécanique semblable à celui qui est employé par la Ville à Clichy. D'un autre côté, on ne pourrait guère compter sur la précipitation d'une fraction importante des matières organiques solubles, devant avoir pour effet de diviser la part réservée au sol pendant l'épuration.

Il n'y a pas d'ailleurs à redouter pour le sol une trop grande quantité de ces matières. Soumis pendant plusieurs années à des irrigations nombreuses, il conserve son pouvoir filtrant et continue à remplir sa fonction d'épurateur; mais il est indispensable que l'air ait dans ce sol un accès suffisant, et l'obstruction n'est pas à craindre dans un terrain poreux, quand l'évacuation des eaux est assurée.

Traitement des eaux d'égout par l'électricité. — M. W. Webster a proposé, en 1888, d'opérer la clarification des eaux d'égout par l'électricité. Il fait passer dans les eaux, entre deux électrodes, un courant engendré par des dynamos. Dans un liquide épais et noir pris aux égouts de Londres, dès qu'on fait passer le courant électrique, on voit les particules solides se mettre en mouvement.

M. Webster emploie le charbon comme électrode positive et le fer comme pôle négatif. Il se forme de l'oxyde ferreux entraînant les matières organiques en suspension.

Après 15 minutes, les matières solides sont réunies en une couche flottant à la surface du liquide et il suffit

d'écouler cette écume par un chenal pour que le liquide reste clair. Les liquides d'égout conservent tout au plus

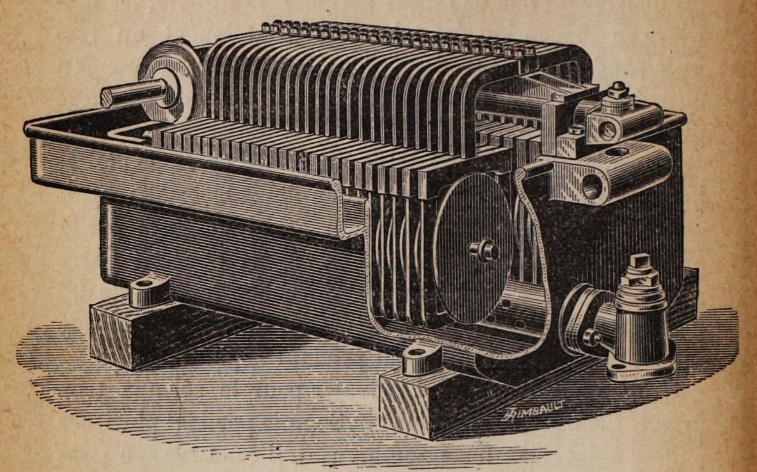


Fig. 37. — Electriseur Hermite.

une teinte blanchâtre ou ocreuse et il n'y reste pas d'odeur.

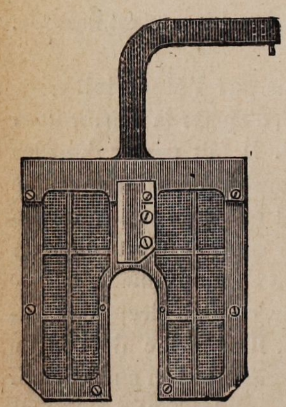


Fig. 38. — Anode (pôle positif) de l'électriseur.

Le procédé Webster a été appliqué à la ville anglaise de Leeds.

La *Stanley Electric Company*, de Philadelphie, a étudié un procédé basé sur le même principe que celui de Webster : cathodes en charbon, anodes en fer.

M. E. Hermite a construit un appareil (fig. 37) produisant la désinfection des eaux résiduaires par l'électrolyse (1).

(1) Voir : Julien Lefèvre, *Dictionnaire d'Electricité*, 1895.

Dans cet apparcil,le courant est produit par une dynamo ; le pôle positif (fig. 38) est formé par des toiles de platine et le pôle négatif par des lames de zinc. L'eau étant additionnée d'un chlorure alcalin ou terreux, circule dans l'appareil et s'en écoule purifiée. Il se fait au pôle positif un composé oxygéné du chlore et au pôle négatif un oxyde métallique qui produit la précipitation des matières organiques. Le procédé Hermite convient surtout aux villes voisines de la mer ou à celles pouvant se procurer économiquement le chlorure nécessaire.

Dans d'autres systèmes, on décante les eaux d'égout, puis on les sature par l'acide carbonique, enfin on les fait passer dans des récipients contenant des couples de zinc et de cuivre. L'eau est additionnée d'une solution de 50 de chlorure de sodium et de 5 de chlorure de magnésium pour 1.000 d'eau. Les matières organiques sont détruites.

Assainissement de la Seine : *Épuration et utilisation des eaux d'égout et des matières excrémentitielles de Paris.* — Les quatre cinquièmes des eaux résiduaires impures de Paris, soit 400.000 mètres cubes par jour (sur 500.000) et 146 millions de mètres cubes par an se déversent encore aujourd'hui par les trois grands collecteurs, dans la Seine, à Asnières et à Saint-Denis, en aval de la capitale (dont 350.000 mètres cubes par jour par le seul collecteur d'Asnières).

La Seine, déjà souillée par la projection des résidus des diverses usines, voit ainsi ses eaux contaminées dans des proportions telles que les riverains ont protesté, avec grande raison, contre ce fait que, sous le prétexte d'assainir Paris, on infestait les populations voisines, en aval, d'autant plus que des règlements de 1773 et 1777 interdisent de jeter dans la Seine des liquides ou immondices susceptibles de rendre les eaux insalubres.

D'autre part, les matières solides contenues dans les déjections des égouts forment, au débouché des collecteurs, des dépôts de sable et de boues qui gênent la navigation et répandent des émanations fétides.

La Seine, par suite des matières organiques des eaux d'égout, est altérée à tel point que ses eaux sur la rive droite, depuis Asnières jusqu'à l'extrémité de l'île Saint-Denis, sont impropres à tout usage, que les poissons ne peuvent y vivre, ni la végétation aquatique s'y développer. Ce n'est qu'entre Argenteuil et Marly que l'eau de Seine commence à se régénerer sous l'influence de l'air, et c'est seulement à Mantes, après un parcours de 150 kilomètres, qu'elle reprend à peu près sa limpidité comme en amont.

Pourtant, d'après MM. Ch. Girard et Bordas (1), cette purification n'est due qu'à ce que les matières organiques insolubles se déposent au fond du fleuve ; mais si une perturbation atmosphérique, une crue du fleuve ou d'un de ses affluents augmente la rapidité du courant, les matières boueuses déposées sont remises en suspension et l'eau redevient infecte. MM. Ch. Girard et Bordas ont étudié l'eau de la Seine entre Corbeil et Rouen et ont représenté par des courbes (fig. 39 à 43) les résultats obtenus.

Le trait plein indique le nombre de colonies par centimètre cube à l'échelle de 1 millimètre pour 1.000 colonies.

Le trait ponctué correspond à la matière organique, 10 millimètres = 1 milligramme.

Le trait interrompu représente l'oxygène dissous, 5 millimètres = 1 centimètre cube.

La courbe des matières organiques et celle des colonies de microbes marchent dans le même sens. La courbe de l'oxygène varie en sens inverse (fig. 39). Mais dès qu'une

(1) Ch. Girard et Bordas, *la Seine, de Corbeil à Rouen* (*Ann. d'hygiène*, 1893, t. XXX, p. 193).

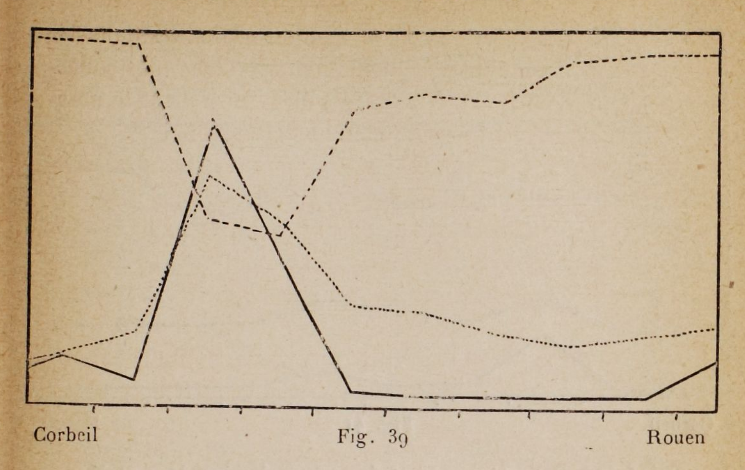


Fig. 39

crue a lieu, on voit une perturbation considérable dans l'aspect des courbes, le 19 décembre (fig. 40) ; puis la Seine, nettoyée par la crue, redevient normale (fig. 41). Une

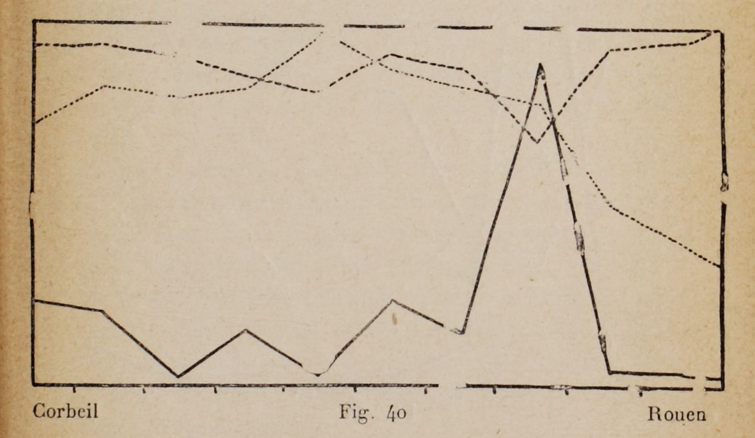


Fig. 40

nouvelle crue le 19 mars (fig. 42) amène une nouvelle perturbation ; enfin, le 23 avril, la Seine reprend son aspect normal (fig. 43), pour recommencer à chaque nouvelle

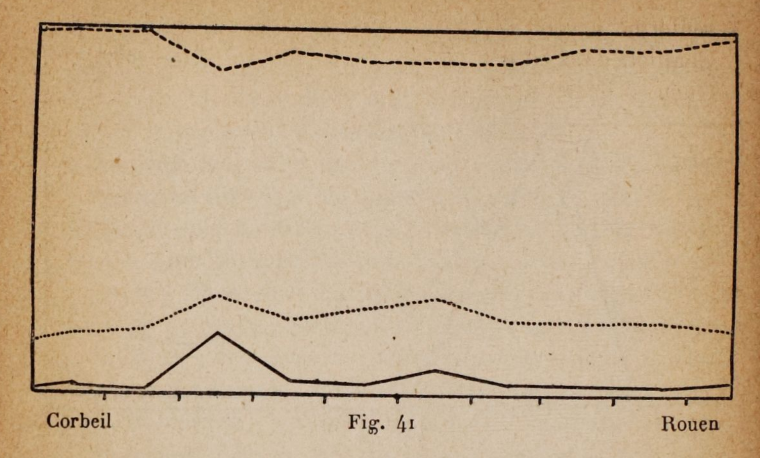


Fig. 41

crue. Les impuretés ne sont donc que dissimulées et il ne faut pas croire que l'eau puisse être purifiée rapidement par l'oxygène de l'air. Cette purification naturelle s'opère

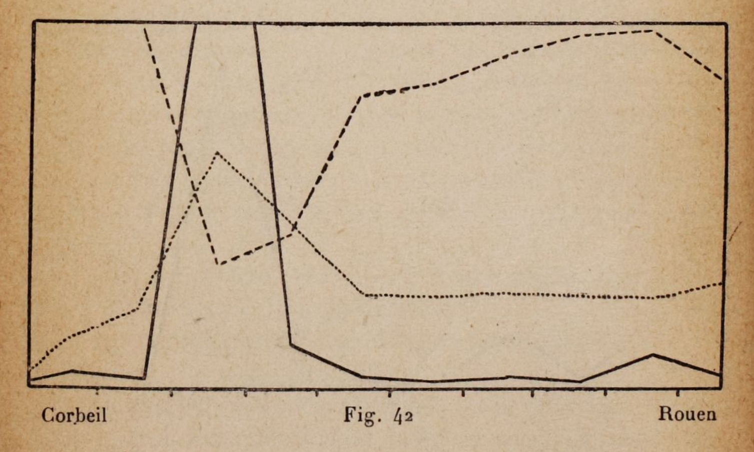


Fig. 42

par le développement de fermentations que déterminent des ferments nitriques.

A Choisy-le-Roi, à l'amont de Paris, l'eau de Seine

renferme 27.000 bactéries; elle en possède 250.000 à Chaillot, dans la traversée de Paris, et 4.540.000 à Saint-Ouen, à l'aval, après avoir reçu les eaux d'égout !

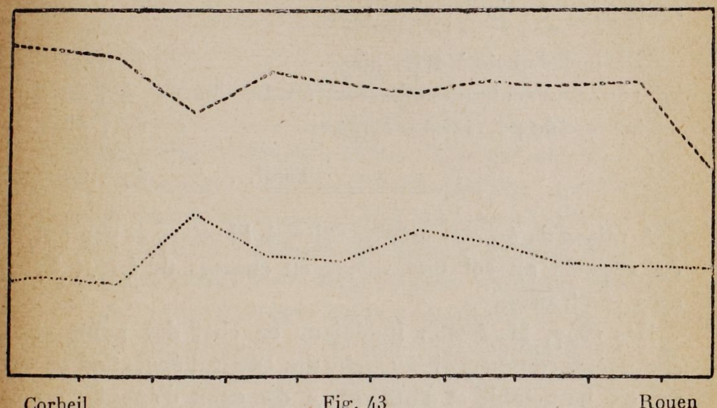


Fig. 43

Pour atténuer l'infection de la Seine, la ville de Paris a fait et fait encore opérer des dragages pour enlever les atterrissements qui se forment au débouché des collecteurs et sur les bords du fleuve. Mais c'est un palliatif insuffisant.

Le but à atteindre, c'est de n'envoyer à la Seine les eaux d'égout qu'après une épuration qui les rende inoffensives, de façon à ce qu'elles n'altèrent plus le fleuve. La chose est d'autant plus à faire que ces eaux contiennent les principes fertilisants qui constituent les engrais (azote, phosphates, chaux, etc.), dont l'agriculture peut faire son profit. Les 400.000 à 500.000 mètres cubes d'eaux d'égout quotidiens de Paris contiennent 5 millions de kilogr. de matières azotées environ.

D'après un rapport de M. Deligny, ingénieur, au Conseil municipal de Paris, les eaux du collecteur de Clichy renferment, par mètre cube, 30 milligrammes d'azote, 15 d'a-

cide phosphorique précipité, 50 de potasse, disséminés dans 2 kilog. 50 de matières volatiles ou minérales.

Pour 1.000 mètres cubes, la valeur des principes fertilisants peut se calculer ainsi :

30 kg. d'azote à 1 fr. 35	= 40fr.,50
15 — d'acide phosphorique à 0 fr., 30	= 4 , 50
30 — de potasse à 0 fr., 40	= 12 , 00
Total...	57fr.,00

A raison de 40.000 mètres cubes à l'hectare et par an, on apporte au sol une valeur en engrais de 40 × 57 = 2.280 francs.

Dès 1867, M. Mille, ingénieur en chef des ponts et chaussées, commençait à Clichy des essais d'épuration par un sol perméable et d'utilisation des eaux d'égout pour l'irrigation des cultures. En 1869, MM. Mille et Alfred Durand-Claye pratiquaient des essais dans la plaine de Gennevilliers, sur un terrain aride de 6 hectares, comprenant du gravier recouvert d'une mince couche de limon, et par conséquent très perméable. Les études poursuivies sans relâche depuis 1872, d'abord sur 51 hectares recevant 1.765.000 mètres cubes d'eau d'égout, démontrèrent la possibilité pratique de ces moyens qui, tout en faisant disparaître une cause permanente d'infection, sont une source de bénéfice réel.

Aussi, le 23 juin 1880, le Conseil municipal de Paris adoptait-il un programme supprimant les fosses d'aisances, établissant l'écoulement direct des déjections solides et liquides à l'égout, mais à la condition que toutes les eaux d'égout seraient épurées par le sol et utilisées au profit de l'agriculture.

En comptant sur une moyenne de 1 hectare pour 40.000 mètres cubes d'eaux d'égout à épurer et utiliser (chiffre de

la loi de 1889), il faut donc disposer de 3.650 hectares de terrains perméables pour les 146 millions de mètres cubes d'eaux usées que Paris verse par an aux égouts et qui ne feront que croître avec l'augmentation de la population.

Quand Paris et sa banlieue auront 4 millions d'habitants, ce qui est assez proche, et lorsque le « tout à l'égout » sera appliqué à cette vaste agglomération, les égouts recevront alors 313 millions de mètres cubes par an. Pour les épurer, il faudrait 7.820 hectares de terrains appropriés. De plus, comme nous avons déjà dit que 13.000 mètres cubes suffisent à fertiliser un hectare (voir p. 129), il serait à désirer qu'on pût disposer pour les besoins actuels de 11.230 hectares et pour les besoins futurs de 24.000 et même de 36.000 hectares (si l'on tient compte que l'irrigation utile ne dure pas toute l'année), qu'on pourrait transformer, de sols incultes en sols riches (1). On verra plus loin (p. 159) que cette quantité est facile à trouver près de Paris.

En 1882, dans la plaine de Gennevilliers, environ 520 hectares étaient irrigués par 18 à 20 millions de mètres cubes d'eaux d'égout par an (contre 10 millions en 1876). En 1893, la surface ainsi irriguée à Gennevilliers a été portée à 800 hectares, recevant près de 34 millions de mètres cubes d'eaux d'égout, soit seulement environ le cinquième de la quantité fournie par la capitale.

En considérant le chiffre déjà indiqué de 3.650 hectares comme suffisant pour recevoir toutes les déjections parisiennes, il restait donc à trouver 2.850 hectares. En 1875, on en a trouvé une partie au cap qui termine la presqu'île de Saint-Germain-en-Laye, vers Achères. Ces terrains domaniaux d'Achères (1.100 hectares), nus, sablonneux, perméables, stériles, ont été désignés pour l'épandage par le

(1) M. L. L. Vauthier pense même que les eaux d'égout de Paris pourraient fertiliser 50.000 hectares.

Conseil municipal de Paris le 23 juin 1880. Mais la réalisation pratique de ce vote a rencontré de grandes difficultés, certaines communes de Seine-et-Oise ayant prétendu que l'irrigation d'Achères deviendrait un foyer pestilentiel et apporterait des germes de maladies contagieuses. (Voir pp. 151 et suiv.) L'administration acquit aussi à Créteil des terrains pour y conduire plus tard une partie des eaux d'égout de Paris.

La Commission supérieure technique de l'assainissement de Paris, nommée par le préfet de la Seine, votait cependant en 1882-83 l'épuration par le sol des eaux d'égout contenant des matières excrémentitielles et ces résolutions étaient confirmées par le Conseil municipal de Paris le 11 avril 1884.

Pourtant s'il y avait presque unanimité dans l'efficacité du procédé d'épuration et d'utilisation des eaux d'égout par le sol, il y avait une certaine divergence d'opinions entre les hygiénistes, dont les uns proscrivaient le mélange des matières fécales aux eaux d'égout, tandis que les autres, plus osés, affirmaient le principe intégral du « tout à l'égout », c'est-à-dire l'envoi dans les égouts parisiens de toutes les déjections liquides ou solides dont le sol se chargeait d'épurer, à leur avis, les unes comme les autres.

Après des discussions passionnées, c'est le système intégral qui a fini par l'emporter.

Gennevilliers. — Les eaux d'égout provenant des collecteurs parisiens sont amenées dans la plaine de Gennevilliers :

1° Par la dérivation de Saint-Ouen (égout ovoïde de 1 m. 60 de haut, 0 m, 90 d'ouverture, 3.302 mètres de longueur), qui prend les eaux au collecteur du Nord et les répand par la seule gravité ;

2° Par l'usine élévatoire de Clichy (1) (4 machines et

(1) Cette usine, établie en 1873, a été renforcée en 1875-76. Ses

pompes de 1.200 chevaux en tout), qui relève des eaux provenant des collecteurs d'Asnières et Marceau et les refoule, à l'aide de conduites en fonte de 1^m10 de diamètre, jusque sur les terrains d'irrigation, où la distribution se fait au moyen de conduites maîtresses en maçonnerie ou béton de ciment de 1 mètre à 1^m25 de diamètre.

Des tuyaux de grès vernissé de 0^m30 à 0^m80 de diamètre complètent le réseau des canalisations. La longueur totale des conduites est 50.000 mètres environ (50 kilom.); 809 bouches de distribution, branchées sur les conduites et fermées par des clapets à vis (fig. 45 et 46) et 10 robinets-vannes, mettent l'eau à la disposition des cultivateurs pour l'irrigation des parcelles cultivées.

Les eaux sont distribuées à la surface dans des raies et

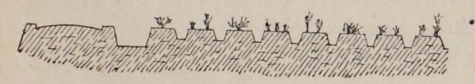


Fig. 44. — Coupe du sol cultivé, avec indication des raies et billons.

billons (fig. 44) et la culture se fait sur l'ados; l'emplacement des rigoles est changé chaque année. L'eau d'égout baigne les racines et pénètre le sol sans humecter les feuilles des plantes (irrigation par infiltration).

Les rigoles à ciel ouvert, qui disparaissent de plus en plus, ont encore une longueur d'environ 1.000 mètres.

Les bandes de terres livrées à la culture ont 1 mètre environ de largeur et $0^m,30$ à $0^m,40$ de hauteur au-dessus des rigoles. Ces rigoles reçoivent, par de petits empalements, l'eau des canaux intermédiaires.

Le service de la distribution est assuré par des agents de la ville de Paris; on irrigue successivement les 3 zones

pompes peuvent élever en tout 2.800 litres par seconde à 10 mètres de hauteur en 1893. En 1894-95, cette usine a été transformée de manière à desservir Achères et Gennevilliers. (Voir plus loin p. 177.)

entre lesquelles ont été divisés les terrains et en tenant compte des besoins de la culture, de façon que l'eau envoyée soit employée réellement pour l'irrigation.

En hiver, quand la culture est suspendue, les cantonniers assurent la circulation de l'eau dans les raies et rigoles ; les parties solides restent dans les rigoles et forment un léger dépôt fertilisant qui constitue une sorte de colmatage, que les paysans incorporent au sol au moment des labours.

L'eau est distribuée tous les 3 ou 4 jours, de façon à avoir un débit annuel moyen de 40.000 mètres cubes d'eau par hectare environ ; certaines parcelles ont reçu même jusqu'à 110.000 mètres cubes sans inconvénient. Ce n'est qu'au moment même de l'arrosage que l'odeur de l'eau d'égout se fait sentir et seulement sur la bouche de déversement. Après sa filtration, l'eau d'égout est si limpide et si fraîche qu'on peut la boire sans danger. Les poissons y vivent parfaitement.

L'épaisseur du terrain perméable à Gennevilliers varie de $2^{m},50$ à 3 mètres.

L'élévation de la nappe souterraine eût été provoquée par les irrigations, si l'on n'avait pas établi un système de drainage donnant aux eaux épurées un débouché facile vers la Seine. Ce drainage consiste en 5 collecteurs formés de tuyaux pleins ou perforés en béton ou grès vernissé de $0^{m},30$ et $0^{m},45$ de diamètre, placés à 4 mètres de profondeur dans le sol, mesurant ensemble 10.724 mètres, rayonnant dans la plaine et amenant au fleuve des eaux pures et limpides.

Ces drains sont nettoyés tous les ans par un hérisson en fer, qu'on y promène pour enlever le sable déposé.

A Gennevilliers, sur 800 hectares irrigués, 6 seulement appartiennent à la Ville de Paris et constituent son *jardin;* le reste est loué aux cultivateurs, à raison de 600 fr.

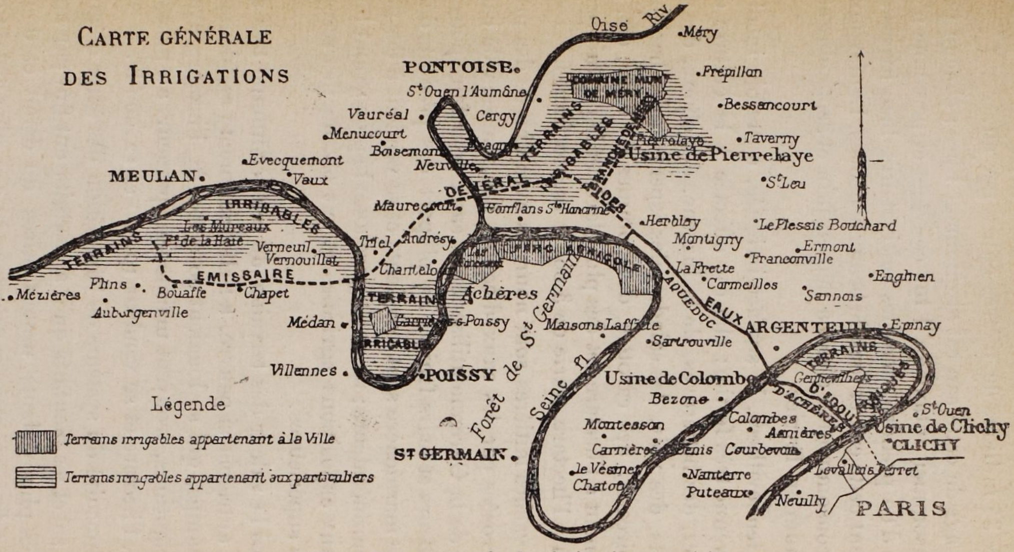


Fig. 45. — Carte générale des irrigations parisiennes.

l'hectare. La quantité d'eaux d'égout reçue est au total de près de 34 millions de mètres cubes par an.

L'usage de cette eau est absolument libre ; chacun peut en consommer autant qu'il lui convient et personne n'est obligé d'en prendre, mais les cultivateurs bien avisés demandent cette eau et font de beaux bénéfices. Le maximum de la consommation d'eau a lieu en juin et septembre et le minimum en février.

A Gennevilliers, la surface irriguée, autrefois inculte, est devenue très fertile ; elle est affectée à la culture des céréales, des betteraves, de la luzerne, des choux, des artichauts, des pois, des salades, des asperges, des haricots, des poireaux, des carottes, des pommes de terre, etc. Le rendement à l'hectare est des plus élevés et le produit brut, obtenu à l'hectare, varie de 3.000 à 10.000 francs.

800 vaches laitières sont nourries avec l'herbe des prairies arrosées par les eaux d'égout. Les maisons de campagne de la Garenne utilisent ces eaux pour faire pousser leurs fleurs et leurs fruits. La plupart des produits de la culture maraîchère sont excellents et se vendent à des prix fort rémunérateurs ; ils ont figuré avec le plus grand honneur aux expositions agricoles et ont obtenu des récompenses supérieures.

Aussi la valeur des terrains de cette commune très salubre, autrefois si pauvre, a-t-elle augmenté rapidement. Les champs, qui se louaient 90 à 150 fr. l'hectare avant les irrigations, trouvent maintenant preneur au prix de 500 fr. l'hectare et se vendent 10.000 et 12.000 fr.

L'innocuité du système de l'épuration des eaux d'égout par le sol et les bienfaits qu'il a produits ont fini par faire taire les plus violents protestataires du début et donné raison à la persévérance acharnée de son plus ardent défenseur, l'ingénieur Alfred Durand-Claye.

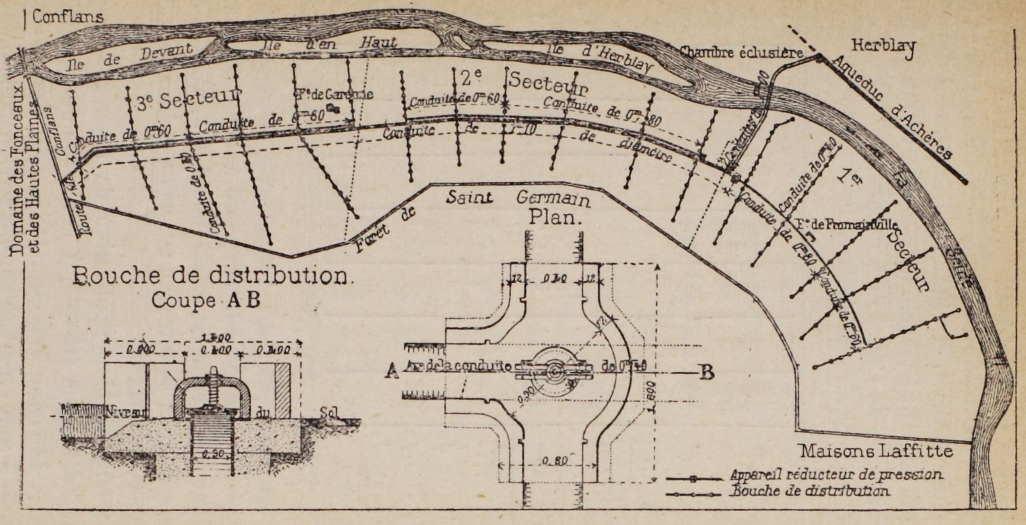


Fig. 46. — Terrains domaniaux d'Achères, plan de la canalisation.

M. Launay (1) a déterminé que les drains des champs d'épuration de Gennevilliers ne donnent que 38 % du volume d'eau d'égout, et étudié la composition des eaux de drainage passant à travers une couche filtrante, dont l'épaisseur varie de 1 m. 30 à 4 m. 50.

Voici un tableau récapitulatif:

	Degré hydrotimétrique	Chlore	Chaux	Matières organiques	AZOTE Ammoniacal	AZOTE Albuminoïde	AZOTE Nitrique	Nombre de bactéries par centimètre cube
Drain des Grésilons (Gennevilliers).......	59.2	293	70	1.0	»	0.3	18.7	200
Eau de la Vanne.	21.2	114	5	1.0	»	0.2	2.7	1.100
Seine (amont de Paris)........	20.0	105	7	2.3	»	0.2	2.5	32.000
Collecteur de Clichy........	35.8	159	75	45.0	18.9	6.0	4.5	16.850.000
Collecteur de Saint-Ouen. ..	46.9	209	85	56.0	23.1	8.6	5.4	»

On voit ainsi que l'eau d'égout s'est fortement chargée de calcaire, et que l'azote est passé à l'état d'azote nitrique, dont une partie est restée dans le sol. Tout le chlore des eaux d'égout se retrouve exactement dans les eaux de drainage.

Nanterre. — Une application de l'épuration agricole des eaux d'égout a été faite à la Maison de répression de Nanterre. Les eaux d'égout, additionnées des matières de vidanges, y sont refoulées sur un terrain sablonneux, au-

(1) Launay, *Annales agronomiques*, 1892.

trefois inculte, contigu à l'établissement; la culture, étendue sur 4 hectares, sert en partie à l'alimentation de la population, qui compte plus de 3.000 personnes.

Achères, etc. — Malgré les enseignements de l'expérience de Gennevilliers, les débats approfondis et les vives oppositions que provoqua le projet d'épandage des eaux d'égout sur les terrains domaniaux d'Achères firent qu'il ne fut adopté définitivement par les Chambres françaises qu'en 1889, à la suite des rapports des Drs Bourneville et Cornil.

La loi a été promulguée le 4 avril 1889 et l'on a dû finir par reconnaître que le projet n'affectait que d'une manière tout à fait transitoire la villégiature parisienne. Aux termes de cette loi, l'État est autorisé à louer à la Ville de Paris pour 20 ans, pour servir de champ d'irrigation, 800 hectares (au lieu de 1.100, chiffre primitif) comprenant les fermes de la Garenne et de Fromainville et les tirés de la forêt de Saint-Germain. Il est stipulé que les eaux ne pourront être répandues que sur les parties du sol mises en culture, « sans préjudice de l'utilisation sur d'autres points, au moyen de traitements chimiques ou d'un canal dans la direction de la mer, ou de toute autre façon ». La quantité maximum à répandre sur le sol est fixée à 40.000 mètres cubes d'eaux d'égout par an et par hectare, « sans former de mare stagnante, ni opérer de déversement d'eaux d'égout non épurées en Seine, sauf le cas de force majeure ».

La quantité de 40.000 mètres cubes par an pourrait, comme nous l'avons indiqué (p. 129), facilement fertiliser 4 ou 5 hectares, mais il n'y a aucun inconvénient à ne la répandre que sur un seul, puisqu'on a, dans des cas exceptionnels il est vrai, répandu jusqu'à 110.000 mètres cubes par an à l'hectare. On a dit, il est vrai, qu'il fallait s'en tenir à la quantité d'eaux d'égout que la végétation pou-

vait s'assimiler, et qu'il était étrange d'irriguer les champs lorsque la gelée durcit la terre. M. Joulie estime que, sous le climat de Paris, la quantité nécessaire varie de 4 à 6.000 mètres cubes par an et par hectare et que, ce chiffre dépassé, l'irrigation peut devenir nuisible, car l'eau entraînant constamment les matières fertilisantes à travers un terrain perméable, « les prairies fertilisées irriguées trop fréquemment perdent leur fertilité, malgré le maintien de l'irrigation ».

Mais l'exemple de Berlin, souvent cité, ne peut pas être comparé en tous points à Achères; car l'épaisseur du sol à Achères varie de 3 à 4 mètres, alors qu'elle n'est que de 1 m. à 1 m. 50 à Berlin, ce qui explique en partie que ce dernier sol ne puisse recevoir que 13.000 mètres cubes d'eaux d'égout, qui, d'ailleurs, sont 5 à 6 fois plus chargées de matières solides que celles de Paris, parce qu'on y dispose de 5 à 6 fois moins d'eau.

A l'accusation portée contre le système des irrigations concernant l'impossibilité de déverser, quand la terre est gelée, la quantité d'eau prévue, M. F. Launay a répondu victorieusement. A Gennevilliers, en hiver, les irrigations n'ont lieu que « pendant 10 heures, de 7 heures du matin à 5 heures du soir. Il en résulte que le sol est soumis à la gelée pendant 14 heures consécutives et que l'eau restant dans les rigoles se congèle pendant la nuit. Lorsque, le lendemain matin, les bouches de distribution sont ouvertes, l'eau d'égout, qui sort des conduites à une température de + 6° à + 8°, s'infiltre sous la légère croûte glacée qui flotte et se fendille, la fait fondre partiellement et pénètre peu à peu dans le sol. Généralement, au bout de peu de temps, la glace formée pendant la nuit a fondu et le sol est dégelé. Dans les hivers ordinaires, la glace formée chaque nuit fond le lendemain.

« Pendant les basses températures exceptionnelles, la

glace ne fond pas complètement; néanmoins, affaissée sur beaucoup de points et fendillée, elle laisse des vides par où l'eau circule et s'infiltre dans le terrain sous-jacent non gelé ». Par conséquent, les irrigations à l'eau d'égout peuvent se pratiquer par les températures les plus basses de la région de Paris.

Les extensions des irrigations à l'eau d'égout comprennent plusieurs opérations :

1° Opération d'Achères : construction d'un aqueduc entre Clichy et Achères et aménagement des 800 hectares de terrains domaniaux...........................	10.500.000 fr.
2° Opération de Méry-Pierrelaye : travaux d'adduction et de distribution des eaux, drains, usines, acquisition de terrains, aménagement des champs d'épuration. . .	10.800.000 fr.
3° Nouveaux champs d'épuration dans la vallée de la Seine........................	15.000.000 fr.
4° Bâtiments d'exploitation, matériel, outillage, etc...........................	5.000.000 fr.

L'aqueduc d'amenée des eaux d'égout à Achères est partout circulaire. Il part de l'usine élévatoire de Clichy (qui pompe les eaux vannes au débouché des grands collecteurs) et a une longueur totale de 15.286 mètres jusqu'à Achères, dont 3.800 mètres de conduites forcées et 11.200 m. de conduites libres. La pente de l'aqueduc, dans les parties où l'eau coule librement, est de 0^{m}50 par kilomètre; sa section pourra permettre d'écouler jusqu'à 864.000 mètres cubes d'eaux usées par jour, soit 10 mètres cubes à la seconde; il pourrait donc écouler bien au-delà de toutes les eaux de Paris, puisque les égouts parisiens fournissent actuellement moins de 5 mètres cubes à la seconde.

En conduite libre, l'aqueduc circulaire, en maçonnerie de meulière, a 3 mètres de diamètre intérieur. En conduite forcée ou siphons, l'aqueduc est en fonte et se com-

pose tantôt d'un tuyau unique de 2m.30 de diamètre intérieur (au départ de Clichy et sous la Seine), tantôt de 4 conduites de 1m. 10 de diamètre intérieur (sur le pont-aqueduc d'Argenteuil), tantôt de 2 conduites de 1 m. 80 de diamètre (sur le flanc du coteau d'Argenteuil), tantôt enfin de 2 conduites de 1 mètre de diamètre (à l'arrivée pour la branche qui descend au Val d'Herblay et traverse la Seine en face des terrains à irriguer).

L'aqueduc traverse trois fois la Seine :

1° Entre Clichy et Asnières, sur une longueur de 483 mètres, au moyen d'un tunnel-siphon, percé à 15 m. 84 au-dessous du niveau de la Seine, par le procédé J. Berlier, au moyen d'un bouclier d'avancement, à l'air comprimé, et revêtu de plaques de fonte ;

2° A Argenteuil, sur un pont en acier à 3 travées de 70 mètres chacune ;

3° A Herblay, au moyen d'un siphon de 206 mètres de long, formé de 2 tubes en fer assemblés et descendus d'un bloc au fond du fleuve.

Entièrement formé d'anneaux en fonte, le siphon de Clichy-Asnières se compose d'un puits vertical de 3 m. 50 de diamètre et de 24 mètres de profondeur sur la rive droite, dans l'usine de la ville de Paris, à Clichy ; puis, vient une galerie de 2 m. 50 de diamètre et de 463 mètres de longueur, présentant deux rampes successives, la première de 7 millimètres par mètre sous le fleuve, la seconde de 80 millimètres par mètre sous la rive gauche à Asnières. En plan, le tracé se compose de deux grands alignements droits raccordés par une courbe de 100 mètres de rayon.

Le siphon constitue un grand tuyau en fonte formé d'anneaux de 1 mètre de hauteur, de 3 mètres 50 de diamètre extérieur et de 30 millimètres d'épaisseur, fondus d'une seule pièce et réunis les uns aux autres par des boulons. Des joints très serrés empêchent toute infiltration

d'eau de l'extérieur à l'intérieur. D'ailleurs, par des trous ménagés dans la fonte de distance en distance, M. J. Berlier à fait refouler à l'extérieur du tube du mortier de ciment liquide, qui constitue une sorte de chape extérieure complètement imperméable. Tout l'intérieur du siphon est également revêtu de ciment de laitier.

M. J. Berlier a employé en le perfectionnant le système du *bouclier*. Son principe se trouve dans les recherches de Brunel, ingénieur français, pour le percement du premier tunnel sous la Tamise. Depuis lors il a été utilisé en Angleterre et aux États-Unis.

On peut le définir sommairement, dit *le Temps*, comme la partie antérieure d'un énorme télescope qui s'enfoncerait dans le sol que les ouvriers déblayent devant lui : l'air, comprimé dans le bouclier et dans le sas à air qui le précède, empêche l'infiltration de l'eau.

Le bouclier qui a traversé la Seine a un diamètre de 2 m. 56, légèrement plus grand que celui de la conduite à établir ; il est muni en avant d'une garniture tranchante en acier ou « couteau », qui découpe dans le sol l'emplacement nécesaire à l'établissement du siphon métallique.

En arrière, ce bouclier, d'une longueur de 1 m. 20, est muni d'un prolongement cylindrique ayant comme diamètre intérieur 2 m. 54, de manière à envelopper la conduite à la façon des tubes de télescope. La longueur de ce prolongement est de 0 m. 60, soit un peu plus d'une fois la longueur d'un anneau dont se compose la conduite elle-même. Il constitue donc, en arrière du bouclier, un blindage permanent dans lequel il est aisé d'assembler les plaques dont est constitué chaque anneau.

Le bouclier lui-même est percé d'une porte donnant passage à des mineurs qui procèdent en avant à l'abatage de la plaque centrale pour faciliter l'avancement de l'appareil. Cet avancement est obtenu au moyen de 5 presses

hydrauliques fixées à la couronne du bouclier et dont la tête du piston munie d'un sabot prend appui sur la partie du siphon déjà établie, c'est-à-dire sur le dernier anneau déjà posé.

Lorsque le bouclier s'est avancé d'un peu plus de 50 centimètres, il se trouve qu'on a établi une excavation absolument circulaire qui est blindée par le bouclier lui-même. On ramène alors dans les cylindres les pistons des presses hydrauliques et l'on assemble immédiatement les plaques nécessaires pour former un anneau, qui est relié par des boulons à celui qui le précède. Le joint entre les collerettes d'assemblage est formé d'une planchette en sapin de 0 m. 01 d'épaisseur.

Les manœuvres entraînent les déblais au bas du puits où ils sont élevés par un monte-charge et ils se servent des wagonnets vides pour ramener les plaques et boulons nécessaires à un nouvel anneau, et ainsi de suite.

L'avancement de la partie télescopique du bouclier laisse autour de la conduite un vide annulaire régulier de 3 centimètres environ. Ce vide est rempli de mortier qui constitue la chape extérieure. On emploie pour cette injection de mortier une pression d'air comprimé de 3 à 4 atmosphères. A cet effet, un réservoir en tôle, muni d'un malaxeur, est rempli de mortier. De sa partie inférieure part un tuyau flexible en cuir, terminé par une lance, qui vient s'adapter dans des trous réservés au centre de chaque plaque et filetés. On admet l'air comprimé dans le réservoir, et le mortier, chassé énergiquement, vient se répandre dans le vide annulaire. On commence l'opération par les trous des plaques inférieures : lorsque le mortier apparaît aux trous supérieurs, on y adapte la lance, tandis qu'on bouche avec des tampons en bois les trous des plaques déjà garnies et ainsi de suite jusqu'au trou de la clef. On prend d'ailleurs la précaution, de distance en dis-

tance, d'établir, extérieurement au siphon, une petite murette en couronne circulaire, qui s'oppose, pendant l'injection, à la fuite du mortier vers l'avancement.

Le sas ou écluse à air pour le passage dans l'air comprimé était établi à 35 mètres de l'origine du siphon et composé d'une maçonnerie au mortier de ciment, accrochée à 13 anneaux du siphon et ayant intérieurement la forme d'un parallélipipède de 6 mètres de longueur ; il était fermé à chacune de ses deux extrémités par une porte en fonte de 30 m/m d'épaisseur.

Le sas était fixe ; la chambre de travail s'allongeait au fur et à mesure de l'avancement. Cet avancement a atteint, certains jours, 2 m. 50 par vingt-quatre heures. Dans d'autres cas, ça été une lutte constante contre les infiltrations de la Seine ou l'envahissement des sables qui semblaient inépuisables.

Deux usines élévatoires ont été établies. La première, de 1.200 chevaux, à Clichy, n'est que l'ancienne usine de ce point, transformée pour faire à la fois le service de Gennevilliers et d'Achères (4 groupes de machines Farcot et pompes). L'eau venant des collecteurs, avant d'être puisée dans la galerie dite d'aspiration, est débarrassée des matières lourdes et des débris trop gros qu'elle tenait en suspension, par son passage à travers les grilles d'un bassin de dégrossissage. La deuxième usine, de 1.500 chevaux, dite « usine de Colombes », est située au Petit Gennevilliers, près de la culée rive gauche du pont d'Argenteuil ; elle élève par ses 4 machines les eaux de la cote 24, à l'aspiration, jusqu'au point haut du coteau d'Argenteuil, à la cote 60.

L'aqueduc arrive à Achères, en une seule conduite de $1^{m}10$, à l'entrée des domaines à irriguer. Les eaux d'égout arrivées se réunissent dans une grande conduite parallèle à la Seine, et que recouvre une route superbe, avec

contre-allées, longeant tout le domaine. De là, l'irrigation se fait comme à Gennevilliers. La conduite principale est traversée de 400 en 400 mètres par des conduites secondaires qui portent tous les 50 mètres des bouches de distribution de 0^m30 de diamètre, s'ouvrant un peu au-dessus du sol et qui déversent leur contenu dans des rigoles en terre qui sillonnent les 800 hectares du domaine d'Achères (fig. 46).

Les travaux de l'aqueduc d'Achères, commencés en 1893, ont été achevés en juillet 1895.

Pour compléter l'opération d'Achères, la ville de Paris s'est réservé le droit d'utiliser pour l'irrigation les 485 hectares sablonneux qu'elle possède à Méry-sur-Oise, où une nécropole avait été projetée autrefois; des mesures ont été prises aussi pour envoyer les eaux d'égouts sur les champs de culture libre d'un grand nombre de cultivateurs d'Herblay, de Pierrelaye, d'Éragny, de Saint-Ouen-l'Aumône, etc.

Les conduites seront plus tard prolongées d'Herblay jusqu'à Triel, avec embranchement sur Pierrelatte, les caps de Carrières et les Mureaux, et avec usine à Méry-sur-Oise.

M. G. Bechmann espère qu'on prolongera l'aqueduc d'Achères pour irriguer de nouveaux terrains, dans la direction de la Manche, comme le prévoit la loi de 1889, mais il ne croit pas qu'on aille jamais jusqu'à la mer, comme le demandait Léon Say.

La Ville a acquis aussi, pour en faire un champ d'épuration, un domaine de 200 hectares, dit des Hautes Plaines et des Fonceaux, près d'Achères (fig. 46).

Lorsque l'opération d'Achères, après avoir complété celle de Gennevilliers, sera elle-même complétée par l'extension des irrigations des eaux d'égout sur les domaines de Méry-sur-Oise, etc., l'œuvre de l'assainissement de la

Seine ne sera pas encore complète, car il manquera encore 1.550 hectares environ pour faire face aux nécessités actuelles (1) et 5.700 hectares, si l'on tient compte des nécessités d'un avenir relativement peu éloigné.

On les trouvera facilement à peu de distance de Paris, notamment autour de Méry, vers Pierrelaye, où il y a environ 3.000 hectares disponibles. D'après M. Adolphe Carnot, les champs convenables pour l'épuration se groupent ainsi dans la zone parisienne :

1° A l'ouest, dans la vallée de la Seine, terrains ou plaines de graviers anciens à une distance de Clichy inférieure à 50 kilomètres......	5.000 hect.
2° A l'est, graviers diluviens de la plaine de Bondy, distance inférieure à 60 kilomètres.....	6.000 —
3° Au sud, plaines diluviennes de la Seine et sables de la vallée de la Bièvre, à moins de 50 kilomètres..................................	2.500 —
4° Au nord-est, sables de Beauchamp, vers la forêt d'Ermenonville, jusqu'à 45 kilomètres....	5.000 —
5° Au nord-ouest, sables du plateau de Pierrelaye, et au nord de Pontoise, sables de Bracheux, jusqu'à 50 kilomètres..................	10.000 —
A une distance inférieure de 50 à 60 kilomètres.	28.500 hect.
A une distance plus grande, dans les vallées de la Seine et de la Marne, au moins..........	11.500 —
Total (*minimum*).......	40.000 hect.

(1) La chose est d'autant plus pressante que la loi du 10 juillet 1894, tout en prévoyant une nouvelle dépense de 30.800.000 francs pour « travaux d'adduction et d'élévation des eaux d'égout jusqu'aux terrains à affecter à l'épuration agricole, acquisition de terrains, aménagement des terrains acquis ou adduction des eaux jusqu'aux terrains affectés à cet usage, après accord avec les propriétaires » ajoute que « la ville de Paris devra *terminer, dans le délai de cinq ans, les travaux nécessaires pour assurer l'épandage de la totalité de ses eaux d'égout* sur les terrains qui lui appartiennent ou dont elle sera locataire ».

Tous ces terrains se trouvent à une altitude ne dépassant pas, sauf une exception, 80 mètres au-dessus du niveau de la Seine.

Pour la partie est et sud-est de Paris, d'autres champs d'épandage sont prévus à Maisons-Alfort et à Choisy-le-Roi. On doit bientôt irriguer le sol : au sud, près de Créteil, et à l'est, près de Sevran et Aulnay-les-Bondy (vote du Conseil municipal en 1893).

Comme on le voit, nous disposons de terrains suffisants pour assainir aujourd'hui et demain Paris et la Seine et faire produire de nombreux terrains incultes. Il faut donc accomplir cette grande œuvre au plus tôt pour le plus grand bien des populations, dans l'intérêt de l'agriculture et pour le plus grand honneur des ingénieurs sanitaires et de l'humanité.

Situation générale actuelle de l'assainissement de la Seine. — Le journal *le Temps*, appréciant, en août 1896, l'œuvre d'assainissement de la Seine, s'exprimait ainsi : « Le nombre des exutoires publics et particuliers déversant en Seine d'une manière permanente a été considérablement réduit depuis 1892. C'est ainsi que le collecteur du boulevard Bourdon, qui recevait une grande partie des eaux des IIIe et IVe arrondissements, et celui du quai de Grenelle, sur lequel s'embranchaient tous les égouts de la zone comprise entre l'extrémité de la rue d'Alésia et les ponts de l'Alma et d'Auteuil, c'est-à-dire la presque totalité des eaux des VIIe, XIVe et XVe arrondissements, sont rejetées aujourd'hui dans le grand collecteur de la rive droite. La situation est donc meilleure ; mais il reste beaucoup à faire pour arriver à la suppression complète des déversements en Seine dans l'intérieur de Paris.

« Sur la rive droite, le réseau des égouts de Bercy, dont le niveau est trop bas pour être relié au réseau géné-

ral de la rive droite, jette toujours ses eaux dans le fleuve par 8 embouchures ménagées à travers les quais, et le collecteur Rivoli-Conférence, qui reçoit les eaux du bassin de l'avenue des Champs-Élysées, déverse toujours en aval du pont de la Concorde.

« La construction du collecteur de Clichy permettra de capter cet important réseau ; mais, pour les égouts de Bercy, il faudrait construire un collecteur sur les quais ayant sa tête à la place Mazas, qui dirigerait les eaux vers Charenton, où l'on créerait un champ d'épuration, et, si cette solution présentait trop de difficultés, établir sur le quai de Bercy une petite machine élévatoire qui, en temps ordinaire, relèverait les eaux d'égout et serait toute prête pour épuiser les eaux d'infiltration en temps de crue.

« Sur la rive gauche, le petit réseau d'égouts qui s'embranche sur le collecteur de la rue Watt se trouve dans les mêmes conditions d'altitude que celui de Bercy ; la faible hauteur de la rue Watt, par rapport au quai, est un obstacle à la reconstruction du collecteur qui serait nécessaire pour permettre d'en déverser les eaux dans celui qui a été construit sur les quais de la Gare et d'Austerlitz, dont les eaux seront relevées par une machine élévatoire située à la place Valhubert et déversées dans le collecteur Saint-Bernard. Il faudra, par conséquent, installer une petite machine élévatoire pour ce réseau, à moins qu'on ne construise un collecteur de l'Est, le long des quais de la rive gauche, dont on dirigerait les eaux sur le champ d'irrigation à créer à Charenton.

« Du vaste réseau d'égouts du quai d'Austerlitz, du boulevard de l'Hôpital, et des rues de la Gare, Sauvage, Belvièvre, etc., seul l'égout du boulevard de la Gare déverse en Seine ; mais il sera rattaché, en 1897, au collecteur du quai d'Austerlitz, et il ne reste plus sur la rive gauche que le collecteur du boulevard Victor, dont le service

de l'assainissement fait en ce moment une étude spéciale.

« L'œuvre entreprise par la ville de Paris se poursuit donc activement, et on peut affirmer qu'à la date du 10 juillet 1899, prescrite par la loi pour la suppression de tout déversement en Seine, le grand collecteur de Clichy sera terminé et les 350.000 à 380.000 mètres cubes d'eau que les égouts déversent actuellement à Asnières seront recueillis au puisard de Clichy, où de puissantes machines les enverront aux champs d'épuration. »

Comme le dit excellemment M. Bechmann (1), « le système général consacré par la loi de 1894 est celui même dont Belgrand avait posé les bases dès 1860 et qu'après lui ses successeurs se sont efforcés de continuer et d'améliorer (2) :

« Pour l'*alimentation d'eau :* — Emploi exclusif d'*eau de source*, distribuée en abondance dans les maisons, spécialisation de l'eau de rivière, réservée aux services publics et industriels ;

« Pour l'*évacuation des eaux usées :* Achèvement définitif de ce magnifique réseau de galeries souterraines, largement conçu et hardiment exécuté, qui constitue l'application la plus remarquable du type *unitaire*, affectant un seul conduit dans chaque rue à l'écoulement des eaux sales de toute nature, en même temps qu'il se prête au développement invisible et commode d'immenses réseaux de canalisations hydrauliques, électriques, etc.

« Pour l'*épuration des eaux d'égout :* — Application méthodique de l'*épandage agricole* avec utilisation des substances fertilisantes sur les terres perméables de la

(1) Bechmann, *Revue d'hygiène*, 1895, tome XVII.

(2) MM. Bechmann et Launay évaluent à 13 ans le temps nécessaire à l'achèvement complet de tous les travaux nécessaires à l'application de la loi de 1894, tant pour l'évacuation directe à l'égout que pour l'aménagement des terrains d'irrigation. Tout sera donc fini pour 1907.

grande banlieue Ouest et Nord-Ouest, à la dose maximum de 40.000 mètres cubes par hectare et par an.

« Les desiderata de l'hygiène reçoivent de la sorte la plus complète satisfaction :

« Les habitants n'ont d'autre eau à leur disposition que l'eau de source, captée au lieu d'émergence, avec toutes les précautions voulues, amenée à l'abri de la lumière et de toute contamination par des aqueducs couverts et des conduits fermés jusqu'au robinet de consommation, eau limpide, pure, fraîche...

« Les eaux usées ne séjournent pas un instant dans la maison, dès que la canalisation est disposée pour qu'elles gagnent directement et immédiatement l'égout public ;

« Là, grâce aux formes arrondies adoptées pour le profil intérieur des galeries, aux enduits lisses dont les parois en sont revêtues, aux pentes qu'on s'efforce de leur donner, aux chasses d'eau qu'on réalise au moyen d'emprunts importants à la canalisation d'eau de rivière, l'entraînement est sûr et rapide, d'autant que 100 litres d'eau de rivière par habitant sont employés en lavages et contribuent à l'évacuation des immondices de la rue en même temps qu'à celle des eaux usées des maisons ;

« Une *ventilation naturelle* efficace, amenée par des milliers de bouches, qui mettent directement l'atmosphère de l'égout en communication avec l'air extérieur, s'oppose à toute fermentation putride ;

« Un curage systématique, obtenu par un outillage perfectionné entre les mains d'un personnel nombreux et exercé, débarrasse les galeries de tous dépôts de sables et de matières lourdes ;

« Enfin l'épuration par le sol transforme les eaux sales, qui sortent des collecteurs très chargées de matières organiques et minérales, et où les microbes se comptent par millions dans un centimètre cube, en un liquide limpide,

aussi frais, aussi pauvre en bactéries, aussi appétissant que l'eau de source, en même temps qu'elle favorise le développement d'une riche végétation sur des terres naguère incultes ou sans valeur. »

Traitement des eaux usées dans les constructions isolées (1). — Nous venons d'indiquer les solutions préconisées pour se débarrasser des eaux usées et même les moyens d'en tirer profit. Mais certaines de ces solutions se prêtant à une utilisation grandiose sont difficilement applicables aux grandes constructions élevées hors des villes, telles que châteaux, couvents, institutions, usines.

Dans ces cas, on se débarrasse généralement des eaux ménagères et des matières fécales en les laissant s'amasser dans une fosse qu'on vidange lorsqu'elle est pleine ou bien, s'il existe un cours d'eau à proximité, on les y déverse.

La première solution garde un foyer d'infection près de la construction et contamine tôt ou tard les eaux potables par suite des infiltrations.

La seconde solution souille le cours d'eau.

Il faut donc appliquer aussi aux constructions isolées les règles du génie sanitaire et traiter les eaux usées, les épurer par des moyens chimiques, mécaniques ou agricoles.

La « commission métropolitaine du traitement des eaux usées de Londres » a préconisé, en 1884, l'emploi du traitement chimique, lorsque la quantité des eaux usées est faible, lorsqu'il est possible de les traiter promptement et lorsqu'on dispose, pour déverser le liquide clarifié, d'un cours d'eau tel que l'effluent n'y entre pas dans la proportion de plus de 5 p. 100 du volume total des eaux courantes.

(1) L'étude suivante est résumée d'après *The Builder*, de Londres.

Le traitement *naturel* est l'absorption des eaux usées par un sol arable mis en culture. Les eaux purifiées sont recueillies par des tuyaux de drainage enterrés et conduites au plus proche cours d'eau par un canal dans lequel ces drains se dégorgent.

La pente des *drains* doit être la plus grande possible. Les pentes de 1/30 à 1/50 conviennent pour les tuyaux de 0^m15. Ces tuyaux doivent donc être de petit diamètre. Pour empêcher le flot de refluer, on peut adopter la disposition de la fig. 47.

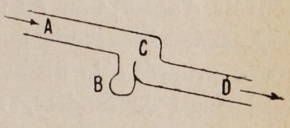


Fig. 47. — Drain.

En temps ordinaire, les eaux usées, arrivant en A, coulent en mince filet et tombent en B ; mais quand un flot se presse dans le tuyau, l'eau saute en C par-dessus la gueule et s'engouffre dans le conduit D, qui l'éconduit directement.

Dans le cas qui nous occupe, comme l'irrigation ne peut pas toujours être continue, il est bon de ménager un ou deux réservoirs pour y accumuler les matières avant de les envoyer sur les terrains, mais on doit les laisser séjourner dans ces réservoirs le moins longtemps possible.

Traitements par la terre. — *Distance du champ irrigué.* — La dépense d'établissement de la conduite des eaux usées jusqu'au terrain à irriguer grandissant avec la distance de celui-ci à l'habitation, la raison d'économie fera réduire cette distance au minimum.

La distance de 200 à 250 mètres offre une garantie plus que suffisante contre la propagation de l'odeur, car il ne manque pas d'irrigations éloignées de 125 à 150 mètres.

Surface à irriguer. Nature du sol. — Dans les irrigations superficielles pour le traitement des eaux vannes des villes, on calcule la surface à raison d'un hectare par 100 à 400 habitants. Si c'est pour la filtration intermittente qu'on veut aménager les terrains, on compte sur un hectare par 20 à 40 habitants.

Les argiles compactes ne sont pas utilisables ; leur pouvoir d'absorption est trop faible et l'oxydation du sol impossible. Les essais faits pour rendre des terres de ce genre propres à la filtration, par des labours répétés et le mélange de cendres, n'ont donné que de médiocres résultats.

Les sols argilo-sablonneux sont les meilleurs, aussi bien pour la filtration que pour l'irrigation, surtout ceux contenant une petite proportion de sable grenu. Tous les sols naturellement fertiles conviennent.

Dispositions pour l'irrigation superficielle. — On creuse les sillons à la charrue ou à la bèche, on place les drains si la nature du sol en exige, et l'on établit le chenal d'arrivée, qui se compose de pièces en grès céramique ou en ciment, s'assemblant à recouvrement.

Du chenal distributeur, placé au plus haut niveau du terrain, on fait partir les canaux d'irrigation, qui ont ordinairement 0 m. 25 de profondeur et à peu près la même largeur, et sont distants de 10 à 15 mètres. Si le terrain est en pente douce — n'excédant pas de 1:20 — on peut les creuser suivant la ligne de plus grande pente. A la tête de chaque canal, on ménage un moyen quelconque de l'ouvrir et de le fermer à volonté ; et sur toute sa longueur, de distance en distance, on pose des plaques de tôle ou des planches, pour diviser le canal, quand il est plein, en une série d'auges, d'où le liquide stagnant est absorbé par le sol et les racines à droite et à gauche.

Sur les terrains en pente raide, les sillons doivent être à

peu près de niveau. Quand le chenal supérieur est plein, le liquide déborde, se répand sur la plate-bande en-dessous, va remplir le deuxième chenal, et ainsi de suite. On doit disposer le conduit d'arrivée de manière à pouvoir faire entrer les eaux usées tantôt à un niveau, tantôt à un autre, pour laisser aux plates-bandes le temps de se « reposer ».

Quand le sol est très plat, il faut donner une forme bombée aux plates-bandes, pour éviter la formation de flaques. S'il est sablonneux et léger, on gazonne les berges des chenaux, qui, autrement, seraient bientôt emportées.

Les sillons se terminent à quelque distance du chenal collecteur, au niveau le plus bas du terrain. Dans les grandes irrigations, l'on porte cette distance jusqu'à 40 ou 50 mètres, afin de laisser à la partie du liquide qui n'a pas été absorbée ou évaporée beaucoup de place pour s'épandre ; mais quand il ne s'agit que de petites quantités à traiter, on peut même se passer de chenal collecteur.

Pour drainer le terrain, — s'il est draîné, — l'on se sert de drains agricoles de 0 m. 075, qu'on enterre à 1 m. 20, quelquefois plus. Leur distance varie avec la nature du sol.

Les terres ainsi irriguées conviennent à la culture du blé, du seigle, et aux cultures maraîchères. On les transforme quelquefois en pâtures ; on doit alors attendre au moins quelques jours après l'irrigation de chaque parcelle pour y laisser entrer les bestiaux.

Dispositions pour la filtration intermittente. — La filtration intermittente peut s'opérer sur le cinquième ou le dixième de la surface qu'exige l'irrigation continue. La purification des eaux est plus imparfaite qu'avec l'irrigation ; de plus, les drains s'encrassent et doivent être débouchés tous les deux ou trois ans.

Le sol doit être drainé à 1 m. 50 et, si c'est possible, à

2m.50. Si la couche filtrante était trop faible, l'effluent resterait impur ; dans une terre légère, la filtration pourrait même être si prompte que le liquide entraînerait du sable en quantité dans les drains et ne tarderait pas à détériorer les berges. Les drains, de 0 m.075, doivent être plus resserrés que dans le cas précédent ; il en faut tous les 5 à 10 mètres. Leur direction doit croiser celle des chéneaux, et non lui être parallèle.

Les chéneaux ont 0 m.50 de profondeur et ne sont distants que de 1m.50 à 2 mètres, d'axe en d'axe. Dans la meilleure disposition, les canaux irrigateurs partent à angle droit du canal distributeur, et sont un peu moins profonds que celui-ci ; le liquide aura, par exemple, $0^{m}25$ de profondeur dans l'un, et $0^{m}18$ seulement dans les autres. Le dépôt des boues se fait alors dans le canal distributeur.

Il faut diviser les canaux au moins en 2, et mieux en 3 ou 4 séries, pour rendre l'intermittence possible. Sur les pentes raides, il faut nécessairement arranger le sol en terrasses, puisque chaque série de chéneaux doit être de niveau.

Les terrains servant à la filtration intermittente sont surtout favorables aux cultures maraîchères ; on y fait même venir la fraise.

Oseraies. — L'osier possède un très grand pouvoir d'absorption, et cette propriété est utilisée pour la purification des eaux usées. Les oseraies sont divisées en plates-bandes séparées par des chéneaux comme pour la filtration intermittente ; quelquefois aussi, elles sont simplement encloses d'un rebord gazonné, et irriguées en nappe. L'intermittence, sans laquelle la réoxygénation du sol serait impossible, est de rigueur ici comme partout ailleurs.

On ne doit pas placer de lignes de drains sous les oseraies ; elles seraient détruites par la poussée des racines.

Il vaut mieux creuser de distance en distance des tranchées profondes qui reçoivent l'effluent et le remettent au conduit collecteur.

— La fig. 48 représente le plan d'un projet de filtra-

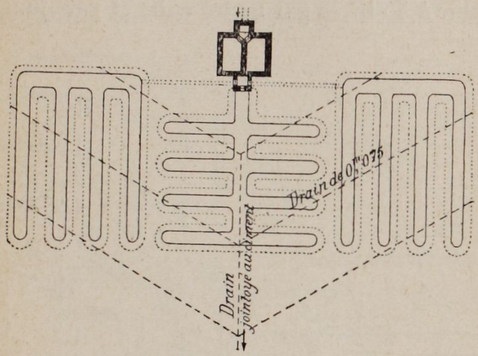


Fig. 48. — Plan d'une filtration intermittente.

tion intermittente. La fig. 49 est une coupe des chéneaux. Le terrain est divisé en 3 parcelles, d'environ 110 mètres carrés chacune. Les drains sont distants entre eux de 4 m.50; ils sont enterrés à 1 m.80 de profondeur, ce qui



Fig. 49. — Coupe de chéneaux.

donne à peu près 200 mètres cubes de volume de sol filtrant pour chacune des trois parcelles. On doit traiter, supposons-nous, 2200 litres d'eaux usées par jour (provenant d'un château habité par 18 personnes et 5 chevaux), soit 11 litres par mètre cube de sol filtrant. Les jours de grande averse, c'est 3.000 litres qui devront être absorbés,

soit 15 litres par mètre cube de sol filtrant, auxquels il faut ajouter l'eau de pluie tombée sur le terrain. En évaluant celle-ci à 25 litres par mètre carré, cela fera 13 à 14 autres litres par mètre cube de sol filtrant, soit, en tout, 25 litres à absorber au maximum.

On évalue à 30 litres par mètre cube et par jour le vo-

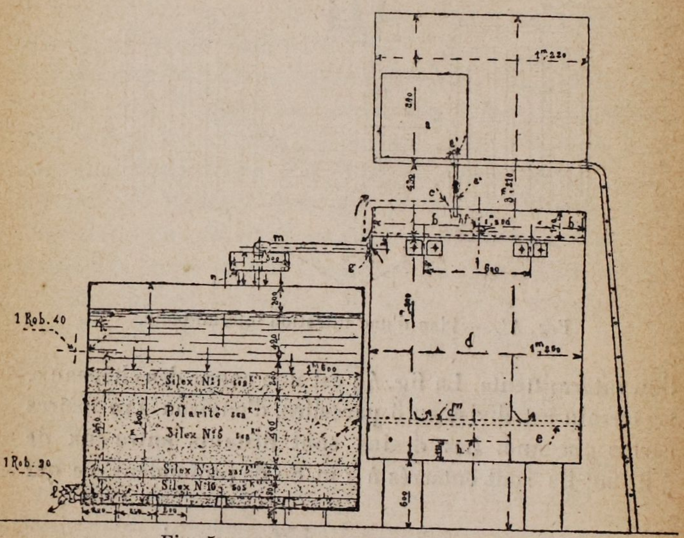


Fig. 50. — Appareil Howatson (coupe)

lume d'eaux usées qu'un sol convenablement poreux peut purifier en bonnes conditions. Le bon fonctionnement de l'installation projetée est donc assuré.

On voit sur la figure 48 un double réservoir d'accumulation ; il est précédé d'un petit bassin de clarification, et le contenu peut être dirigé sur celle qu'on veut des trois séries de chéneaux.

Procédé chimique international. — Ce procédé, ap-

pliqué en Angleterre, à la prison de Parkhurst (île de Wight), à Welshpool, à la maison d'aliénés de Stirling, etc., ne donne que les 2/5 des boues inutilisables que donnaient les anciens procédés chimiques. Il est connu aussi sous le nom de *procédé Howatson* (voir p. 123) (1).

Les matières entrent d'abord dans un purin dans lequel

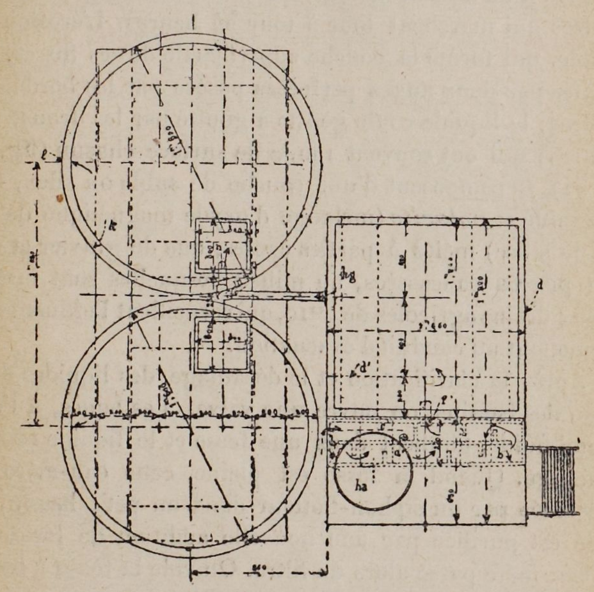


Fig. 51. — Appareil Howatson (plan).

est suspendu une trémie perforée en tôle galvanisée, remplie d'un réactif solide, appelé *ferozone* (mélange de sulfate, d'oxyde magnétique de fer, etc.) ; on en remet chaque jour 6 à 10 grammes par litre de matières à traiter. Le liquide baigne la trémie et dissout ou emporte du fero-

(1) Voy. Pouchet, *Epuration des eaux d'égout par le procédé Howatson.* (*Ann. d'hyg.* 1895, tome XXXIV, p. 507.

zone ; le contact entre ses molécules et celles du réactif s'établit pendant la circulation des eaux à travers un chenal à chicanes, qui les conduit à l'un des bassins de précipitation (dont on remplit l'un, pendant que le liquide se repose dans l'autre et que la boue se dépose au fond).

Après le dépôt, le liquide surnageant est décanté par le moyen d'un siphon flotteur, qui le remet à l'un des deux filtres qui marchent tour à tour 24 heures. L'érosion du sable, qui forme la couche superficielle de ces filtres, est évitée par deux auges perforées posées sur les bords des filtres; le liquide coule goutte à goutte par les trous. Les filtres, qui ont souvent 1 $m.^2$2 de surface chacun (fig. 50 et 51), se composent d'une couche de sable ou silex, une de sable et *polarite* (mélange d'oxyde magnétique de fer et de silice) mêlés à parties égales, une de gravier et une de pierres concassées, au milieu desquelles sont insérés deux drains agricoles de 0^m10, qui recueillent l'effluent et le remettent au conduit d'évacuation.

Après la clarification et le décantage des liquides dans l'un des bassins, on ouvre une valve. Les boues, à l'état demi-fluide, tombent dans une fosse et le liquide restant surnage. Quand la fosse est pleine, cette eau-mère est décantée par un siphon-flotteur dans un petit bassin, où elle est purifiée par une nouvelle addition de ferozone. L'eau-mère passe alors au filtre. On vide la fosse à boues en ouvrant un registre; la masse n'étant pas grande, on l'enterre après l'avoir laissé sécher. Elle ne dépasserait pas 30 litres pour 2.200 litres d'eaux usées à traiter par jour (moyenne déjà indiquée pour 18 personnes et 5 chevaux).

Procédé chimique Conder. — Il précipite par le sulfate de fer les matières, à l'instant même de leur production, pour que la désinfection et la « déodorisation » soient immédiates. Les boues étant réduites à la quantité mini-

mum, elles sont entraînées à travers le drain d'évacuation, pourvu que la pente soit de 1 : 60.

Le procédé Conder s'applique de deux façons :

1° La dissolution de sulfate de fer se fait dans des *ferromètres*, appareils établis dans chaque water-closet et près de chaque évier. Le ferromètre est un tube en verre à fond perforé, dans lequel on met des cristaux de sulfate de fer, et qui plonge dans un vase qu'un filet d'eau maintient plein jusqu'aux bords.

On met dans ce vase une écorce d'orange ou de citron, qu'on remplace chaque semaine. Le sulfate est dissous petit à petit par l'eau acidulée, qui déborde du vase et qu'un tuyau conduit dans le siphon du water-closet ou de l'évier. (Ce tuyau doit être nettoyé de temps en temps.) On fait varier la quantité de sulfate dissoute en faisant plonger plus ou moins le tube dans le vase. La quantité de sulfate de fer pour la désinfection des water-closets est évaluée à 1/2 kilog. par personne et par mois ; le volume d'eau dissolvante à 4 litres 1/2 par personne et par jour.

2° La dissolution du sulfate de fer a lieu dans une petite chambre établie hors de l'habitation, à la place où le drain d'évacuation sort du mur extérieur. Dans cette chambre est un bassin dans lequel plonge un pot conique à fond perforé. Le fonctionnement est identique au ferromètre.

Aussitôt que le sulfate de fer est en contact avec les eaux usées, la réaction commence, et avec elle la désinfection, la déodorisation et la précipitation ; elle est complète après 4 minutes, soit 400 mètres de parcours dans le drain.

Si l'on craint pourtant la persistance de certains principes putrescibles, on peut compléter le procédé Conder soit par l'irrigation, soit par le dépôt des boues dans un réservoir, d'où on les extraira périodiquement pour les enterrer.

CHAPITRE VI

ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES

Établissements insalubres. — Le décret du 15 octobre 1810 et l'ordonnance du 14 janvier 1815 ont réglementé les industries dont l'exercice peut être dangereux pour la santé publique ou gêner le voisinage, soit en répandant des odeurs malsaines, soit en présentant des dangers d'incendie, soit en altérant les eaux ou en provoquant un bruit incommode, etc.

Les établissements insalubres ont été divisés en trois classes :

1re classe, les industries qui doivent être éloignées des habitations ;

2e classe, les manufactures et ateliers, dont l'éloignement des habitations n'est pas rigoureusement nécessaire, mais qui ne sauraient être installés qu'après certaines conditions, de nature à garantir le voisinage contre tout risque ;

3e classe, les établissements qui peuvent être placés sans inconvénient auprès des habitations, mais qui restent soumis à la surveillance de l'administration.

La dernière classification date du décret du 3 mai 1886, modifié notamment le 5 mai 1888 et le 26 janvier 1892.

Voici la nomenclature, par classes, des établissements insalubres, dangereux ou incommodes, d'après ces décrets :

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Abattoirs publics (voir aussi *Tueries*).	Odeur et altération des eaux..........	1re
Absinthe (voir *Distilleries*).		
Acide arsénique (fabrication de l') au moyen de l'acide arsénieux et de l'acide azotique :		
1° Quand les produits nitreux ne sont pas absorbés................	Vapeurs nuisibles...	1re
2° Quand ils sont absorbés......	Id.	2e
Acide chlorhydrique (production de l') par décomposition des chlorures de magnésium, d'aluminium et autres............................		
1° Quand l'acide n'est pas condensé..............................	Emanations nuisibles.	1re
2° Quand l'acide est condensé....	Emanations accidentelles	2e
Acide fluorhydrique (fabrication de l')................................	Emanations nuisibles.	2e
Acide lactique (fabrication d').......	Odeur...............	2e
Acide muriatique (voir *Acide chlorhydrique*).		
Acide nitrique (fabrication de l')....	Emanations nuisibles.	3e
Acide oxalique (fabrication de l') :		
1° Par l'acide nitrique...........		
a. Sans destruction des gaz nuisibles........................	Fumée...............	1re
b. Avec destruction des gaz nuisibles........................	Fumée accidentelle..	3e
2° Par la sciure de bois et la potasse.......	Fumée...............	2e
Acide picrique (fabrication de l') :		
1° Quand les gaz nuisibles ne sont pas brûlés......................	Vapeurs nuisibles...	1re
2° Avec destruction des gaz nuisibles............................	Id	3e
Acide pyroligneux (fabrication de l') :		
1° Quand les produits gazeux ne sont pas brûlés..................	Fumée et odeur.....	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
2° Quand les produits gazeux sont brûlés	Fumée et odeur	3e
Acide pyroligneux (purification de l'.)	Odeur	2e
Acide salicylique (fabrication de l') au moyen de l'acide phénique	Id.	2e
Acide stéarique (fabrication de l') :		
1° Par distillation	Odeur et danger d'incendie	1re
2° Par saponification	Id	2e
Acide sulfurique (fabrication de l') :		
1° Par combustion du soufre et des pyrites	Emanations nuisibles.	1re
2° De Nordhausen par décomposition du sulfate de fer	Id	1re
Acide urique (voir *Murexide*)		
Acier (fabrication de l')	Fumée	3e
Affinage de l'or et de l'argent par les acides	Emanations nuisibles.	1re
Affinage des métaux au fourneau (voir *Grillage des minerais*.		
Agglomérés ou *briquettes de houille* (fabrication des) :		
1° Au brai gras	Odeur et danger d'incendie	2e
2° Au brai sec	Odeur	3e
Albumine (fabrication de l') au moyen du sérum frais du sang	Id	3e
Alcali volatil (voir *Ammoniaque*).		
Alcool (rectification de l')	Danger d'incendie	2e
Alcools autres que de vin, sans travail de rectification	Altération des eaux.	3e
Alcools (distillerie agricole d')	Id	3e
Aldéhyde (fabrication de l')	Danger d'incendie	1re
Alizarine artificielle (fabrication de l') au moyen de l'anthracène	Odeur et danger d'incendie	2e
Allumettes chimiques (dépôt d').		
1° En quantités au-dessus de 25 mètres cubes	Danger d'incendie	2e
2° De 5 à 25 mètres cubes	Id	3e
Allumettes chimiques (fabrication des)	Danger d'explosion ou d'incendie	1re
Alun (voir *Sulfate de fer, d'alumine*, etc.).		
Amidon grillé (fabrication de l')	Odeur	3e
Amidonneries :		
1° Par fermentation	Odeur, émanations nuisibles et altération des eaux	1re

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
2° Par séparation du gluten et sans fermentation	Altération des eaux	2e
Ammoniaque (fabrication en grand de l') par la décomposition des sels ammoniacaux	Odeur	3e
Amorces fulminantes (fabrication des)	Danger d'explosion	1re
Amorces fulminantes pour pistolets d'enfants (fabrication d')	Id	2e
Aniline (voir *Nitrobenzine*).		
Arcansons ou *racines de pin* (voir *Résines*, etc.).		
Argenture des glaces avec application de vernis aux hydrocarbures	Odeur et danger d'incendie	2e
Argenture sur métaux (voir *Dorure* et *Argenture*).		
Arséniate de potasse (fabrication de l') au moyen du salpêtre :		
1° Quand les vapeurs ne sont pas absorbées	Emanations nuisibles.	1re
2° Quand les vapeurs sont absorbées	Emanations accidentelles	2e
Artifices (fabrication des pièces d')	Danger d'incendie et d'explosion	1re
Asphaltes, bitumes, brais et matières bitumineuses solides (dépôts d')	Odeur, danger d'incendie	3e
Asphaltes et bitumes (travail des) à feu nu	Id	2e
Ateliers de construction de machines et wagons (voir *Machines et wagons*).		
Bâches imperméables (fabrication des) :		
1° Avec cuisson des huiles	Danger d'incendie	1re
2° Sans cuisson des huiles	Id	2e
Bains et boues provenant du dérochage des métaux (traitement des) :		
1° Si les vapeurs ne sont pas condensées	Vapeurs nuisibles	1re
2° Si les vapeurs sont condensées.	Vapeurs accidentelles	2e
Baleine (travail des fanons de) (voir *Fanons de baleine*).		
Baryte caustique par décomposition de nitrate (fabrication de la) :		
1° Si les vapeurs ne sont ni condensées ni détruites	Vapeurs nuisibles	1re
2° Si les vapeurs sont condensées ou détruites	Vapeurs accidentelles.	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Baryte (décoloration du sulfate de) au moyen de l'acide chlorhydrique à vases ouverts................	Émanations nuisibles	2e
Battage, cardage et épuration des laines, crins et plumes de literie...	Odeur et poussière..	3e
Battage descuirs àl'aide de marteaux	Bruit et ébranlement.	3e
Battage des tapis en grand.........	Bruit et poussière...	2e
Battage et lavage des fils de laines, bourres et déchets de filature de laine et de soie dans les villes (ateliers spéciaux pour le)...........	Id............	3e
Batteurs d'or et d'argent...........	Bruit...............	3e
Battoir à écorces dans les villes....	Bruit et poussière...	3e
Benzine (fabrication et dépôts de) (voir *Huiles de pétrole, de schiste*, etc.)		
Benzine (dérivés de la) (v. *Nitrobenzine*)		
Betteraves (dépôts de pulpes de) humides destinées à la vente.........	Odeur, émanations...	3e
Bitumes (fabrication et dépôts de) (voir *Asphaltes*).		
Blanc de plomb (voir *Céruse*).		
Blanc de zinc (fabrication de) par la combustion du métal.	Fumées métalliques.	3e
Blanchiment :		
1° Des fils, des toiles et de la pâte à papier par le chlore........	Odeur, émanations nuisibles..........	2e
2° Des fils et tissus de lin, de chanvre et de coton par les chlorures (hypochlorites) alcalins......	Odeur, altération des eaux..............	3e
3° Des fils et tissus de laine et de soie par l'acide sulfureux..........	Emanations nuisibles.	2e
Blanchiment des fils et tissus de laine et de soie par l'acide sulfureux en dissolution dans l'eau............	Emanations accidentelles.............	3e
Bleu de Prusse (fabrication du) (voir *Cyanure de potassium*).		
Bleu d'outremer (fabrication de) :		
1° Lorsque les gaz ne sont pas condensés........................	Emanations nuisibles	1re
2° Lorsque les gaz sont condensés.	Emanations accidentelles.............	2e
Bocards à minerais ou à crasses....	Bruit...............	3e
Boues et immondices (dépôts de) et voiries.......................	Odeur..............	1re

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Bougies de paraffine et autres d'origine minérale (moulage des).......	Odeur, danger d'incendie.............	3e
Bougies et autres objets en cire et en acide stéarique....................	Danger d'incendie...	3e
Bouillon de bière (distillation de) (voir *Distilleries*).		
Boules au glucose caramélisé pour usage culinaire (fabrication de)....	Odeur...............	3e
Bourres (voir *Battage et lavage des fils de laine, bourres*, etc.).		
Boutonniers et autres emboutisseurs de métaux par moyens mécaniques.	Bruit...............	3e
Boyauderies (travail des boyaux frais pour tous usages).................	Odeur, émanations nuisibles..........	1re
Boyaux et pieds d'animaux abattus (dépôts de) (voir *Chairs, Débris*, etc.).		
Boyaux sales destinés au commerce de la charcuterie (dépôts de).......	Odeur...............	2e
Brasseries.........................	Id.............	3e
Briqueteries avec fours non fumivores................................	Fumée.............	3e
Briqueteries flamandes.............	Id.............	2e
Briquettes ou *agglomérés de houille* (voir *Agglomérés*).		
Brûlerie de galons et tissus d'or ou d'argent (voir *Galons*).		
Buanderies........................	Altération des eaux..	3e
Café (torréfaction en grand du)....	Odeur et fumée.....	3e
Caillettes et Caillons pour la confection des fromages (voir *Chairs, Débris*, etc.).		
Cailloux (fours pour la calcination des)	Fumée.............	3e
Calorigène et mélanges de ce genre (dépôts de)......................	Danger d'incendie...	2e
Carbonisation des matières animales en général........................	Odeur...............	1re
Carbonisation du bois :		
1° A l'air libre dans des établissements permanents et autre part qu'en forêt..........................	Odeur et fumée.....	2e
2° En vases clos. { Avec dégagement dans l'air des produits gazeux de la distillation ..	Id	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
2° En vase clos. { Avec combustion des produits gazeux de la distillation..........	Odeur et fumée.....	3e
Caoutchouc (application des enduits du)..............................	Danger d'incendie...	2e
Caoutchouc (travail du) avec emploi d'huiles essentielles ou de sulfure de carbone........................	Odeur, danger d'incendie	2e
Caoutchoucs factices ou caoutchoucs des huiles (fabrication des) :		
A froid..........................	Odeur...............	2e
A chaud..........................	Odeur et danger d'incendie............	1re
Cardages des laines (voir *Battage*).		
Cartonniers........................	Odeur...............	3e
Cartouches de guerre pour l'exportation...........................	Danger d'explosion et d'incendie.........	1re
Cartouches de poudre de mine comprimée (fabrication de)............	Id	1re
Celluloïd et produits nitrés analogues		
1° Dépôts et magasins de vente en gros de produits travaillés.....	Danger d'incendie...	3e
2° Dépôts et magasins de vente renfermant les produits bruts quand l'approvisionnement en produit de cette nature. { dépasse 800 kil.	Id	3e
{ ne dépasse pas 800 kil	Id	2e
Celluloïd et produits nitrés analogues.......... { (ateliers de façonnage de)...	Id	2e
{ (fabrication de).	Vapeurs nuisibles, danger d'incendie.	1re
Cendres d'orfèvre (traitement des) par le plomb..........................	Fumées métalliques.	3e
Cendres gravelées :		
1° Avec dégagement de la fumée au dehors........................	Fumée et odeur.....	1re
2° Avec combustion ou condensation des fumées..................	Id	2e
Céruse ou *blanc de plomb* (fabrication de la)..........................	Emanations nuisibles	3e
Chairs, débris et issues (dépôts de) provenant de l'abatage des animaux............................	Odeur...............	1re
Chamoiseries......................	Id	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Chandelles (fabrication des)........	Odeur, danger d'incendie............	3e
Chantiers de bois à brûler dans les villes...........................	Emanations nuisibles, dangers d'incendie.	3e
Chanvre (teillage et rouissage du) en grand (voir *Teillage* ou *Rouissage*).		
Chanvre imperméable (voir *Feutre goudronné*).		
Chapeaux de feutre (fabrication de).	Odeur et poussière..	3e
Chapeaux de soie ou autres préparés au moyen d'un vernis (fabrication de)................................	Danger d'incendie...	2e
Charbon animal (fabrication ou revivification du) (voir *Carbonisation des matières animales*).		
Charbon de bois dans les villes (dépôts ou magasins de)............	Id	3e
Charbons agglomérés (voir *Agglomérés*).		
Charbons de terre (voir *Houille* et *Coke*).		
Chaudronnerie et serrurerie (ateliers de) employant des marteaux à la main, dans les villes et centres de population de 2.000 âmes et au-dessus :		
1° Ayant de 4 à 10 étaux ou enclumes ou de 8 à 20 ouvriers......	Bruit...............	3e
2° Ayant plus de 10 étaux ou enclumes ou plus de 20 ouvriers.....	Id	2e
Chaudronneries (voir *Forges* et *Chaudronneries*).		
Chaux (fours à) :		
1° Permanents..................	Fumée, poussière...	2e
2° Ne travaillant pas plus d'un mois par an....................	Id	3e
Chicorée (torréfaction en grand de la)................................	Odeur et fumée......	3e
Chiens (infirmerie de)..............	Odeur et bruit......	1re
Chiffons (dépôts de)................	Odeur...............	3e
Chiffons (traitement des) par la vapeur de l'acide chlorhydrique :		
1° Quand l'acide n'est pas condensé.........................	Emanations nuisibles	1re
2° Quand l'acide est condensé...	Emanations accidentelles............	3e
Chlore (fabrication du)............	Odeur...............	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Chlorure de chaux (fabrication du) :		
1° En grand	Odeur	2e
2° Dans les ateliers fabriquant au plus 300 kilogrammes par jour	Id	3e
Chlorures alcalins, eau de javelle (fabrication des)	Id	2e
Chlorure de plomb (fonderies de)	Emanations nuisibles.	2e
Chlorures de soufre (fabrication des)	Vapeurs nuisibles	1re
Choucroûte (ateliers et fabrication de la)	Odeur	3e
Chromate de potasse (fabrication du)	Id	3e
Chrysalides (ateliers pour l'extraction des parties soyeuses des)	Id	1re
Ciment (fours à) :		
1° Permanents	Fumée, poussière	2e
2° Ne travaillant pas plus d'un mois par an	Id	3e
Cire à cacheter (fabrication de la)	Danger d'incendie	3e
Cochenille ammoniacale (fabrication de la)	Odeur	3e
Cocons :		
1° Traitement des frisons de cocons	Altération des eaux	2e
2° Filature de cocons (voir *Filature*).		
Coke (fabrication du) :		
1° En plein air ou en fours non fumivores	Fumée et poussière	1re
2° En fours fumivores	Poussière	2e
Colle forte (fabrication de la)	Odeur, altération des eaux	1re
Collodion (fabrication du)	Danger d'explosion ou d'incendie	1re
Combustion des plantes marines dans les établissements permanents	Odeur et fumée	1re
Construction (ateliers de) (voir *Machines et wagons*).		
Cordes à instruments en boyaux (fabrication de) (voir *Boyauderies*).		
Cornes et sabots (aplatissement des) :		
1° Avec macération	Odeur et altération des eaux	2e
2° Sans macération	Odeur	3e
Corroieries	Id	2e
Coton et coton gras (blanchisserie des déchets de)	Altération des eaux	3e
Crayons de graphite pour éclairage électrique (fabrication des)	Bruit et fumée	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Cretons (fabrication de)	Odeur et danger d'incendie	1re
Crins (teinture des) (voir *Teintureries*).		
Crins et soies de porc (voir *Soies de porc*).		
Cristaux (fabrication de) (voir *Verreries*, etc.).		
Cuirs (battage des) (voir *Battage*).		
Cuirs vernis (fabrication de)	Id	1re
Cuirs verts et peaux fraîches (dépôts de)	Odeur	2e
Cuivre (dérochage du) par les acides.	Odeur, émanations nuisibles	3e
Cuivre (fonte du) (voir *Fonderie de cuivre*, etc.).		
Cuivre (trituration des composés du).	Poussière	3e
Cyanure de potassium et bleu de Prusse (fabrication de) :		
1° Par la calcination directe des matières animales avec la potasse.	Odeur	1re
2° Par l'emploi de matières préalablement carbonisées en vases clos.	Id	2e
Cyanure rouge de potassium ou *prussiate rouge de potasse*	Emanations nuisibles.	3e
Débris d'animaux (dépôts de) (voir *Chairs*, etc.).		
Déchets de laine (dégraissage des) (voir *Peaux*, *Etoffes*, etc.)		
Déchets de matières filamenteuses (dépôts de) en grand dans les villes.	Danger d'incendie...	3e
Déchets des filatures de lin, de chanvre et de jute (lavage et séchage en grand des)	Odeur, altération des eaux	2e
Dégras ou huile épaisse à l'usage des chamoiseurs et corroyeurs (fabrication de)	Odeur, danger d'incendie	1re
Dérochage du cuivre (voir *Cuivre*).		
Distilleries en général, eau-de-vie, genièvre, kirsch, absinthe, et autres liqueurs alcooliques	Danger d'incendie....	3e
Dorure et argenture sur métaux	Emanations nuisibles.	3e
Dynamite (fabriques et dépôts). (Régime spécial. Loi du 8 mars 1875 et décrets des 24 août 1875 et 28 oct. 1882.)		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Eau de javelle (fabrication d') (voir *Chlorures alcalins*).		
Eau-de-vie (voir *Distilleries*).		
Eau-forte (voir *Acide nitrique*).		
Eaux grasses (extraction, pour la fabrication du savon et autres usages, des huiles contenues dans les) :		
1° En vases ouverts..............	Odeur, danger d'incendie............	1re
2° En vases clos................	Id.............	2e
Eau oxygénée (fabrique d') (voir *Baryte caustique*).		
Eaux savonneuses des fabriques (voir *Huiles extraites des débris d'animaux*).		
Echaudoirs :		
1° Pour la préparation industrielle des débris d'animaux............	Odeur..............	1re
2° Pour la préparation des parties d'animaux propres à l'alimentation.	Id.............	3e
Ecorces (battoir à) (voir *Battoir*).		
Email (application de l') sur les métaux.........................	Fumée.............	3e
Emaux (fabrication d') avec fours non fumivores	Id.............	3e
Encres d'imprimerie (fabrication des) :		
1° Avec cuisson d'huile à feu nu..	Odeur et danger d'incendie............	1re
2° Sans cuisson d'huile à feu nu..	Id.............	2e
Engrais (dépôts d') au moyen des matières provenant de vidanges ou de débris d'animaux :		
1° Non préparés ou en magasin non couvert....................	Odeur..............	1re
2° Desséchés ou désinfectés et en magasin couvert, quand la quantité excède 25,000 kilogrammes........	Id.............	2e
3° Les mêmes, quand la quantité est inférieure à 25,000 kilogrammes.	Id.............	3e
Engrais (fabrication des) au moyen des matières animales...........	Id.............	1re
Engrais et insecticides à base de goudron ou de résidus d'épuration du gaz (fabrication d') :		
A l'air libre..................	Odeur et danger d'incendie............	1re
En vases clos..................	Id.............	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Engraissement des volailles dans les villes (établissement pour l')	Odeur et danger d'incendie	3e
Epaillage des laines et draps (par la voie humide)	Danger d'incendie	3e
Eponges (lavage et séchage des)	Odeur et altération des eaux	3e
Epuration des laines, etc. (voir *Battage*).		
Equarrissage des animaux (ateliers d')	Odeur, émanations nuisibles	1re
Etamage des glaces (ateliers d')	Emanations nuisibles.	3e
Ether (dépôts d') :		
1° Si la quantité emmagasinée est, même temporairement, de 1,000 litres ou plus	Danger d'incendie et d'explosion	1re
2° Si la quantité, supérieure à 100 litres, n'atteint pas 1,000 litres	Id	2e
Ether (fabrication de l')	Id	1re
Etoffes (dégraissage des) (voir *Peaux, Étoffes*, etc).		
Etoupes (transformation en) des cordages hors de service, goudronnés ou non	Danger d'incendie	3e
Etoupilles (fabrication d') avec matières explosives	Danger d'explosion et d'incendie	1re
Faïence (fabrique de) :		
1° Avec fours non fumivores	Fumée	2e
2° Avec fours fumivores	Fumée accidentelle	3e
Fanons de baleines (travail des)	Emanations incommodes	3e
Féculeries	Odeur, altération des eaux	3e
Fer (dérochage du)	Vapeurs nuisibles	3e
Fer (galvanisation du)	Id	3e
Fer-blanc (fabrication du)	Fumée	3e
Feutre goudronné (fabrication du)	Odeur, danger d'incendie	2e
Feutres et visières vernis (fabrication de)	Id	1re
Filature de cocons (ateliers dans lesquels la) s'opère en grand, c'est-à-dire employant au moins 6 tours	Odeur, altération des eaux	3e
Fonderie de cuivre, laiton et bronze	Fumées métalliques	3e
Fonderies en deuxième fusion	Fumée	3e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Fonte et laminage du plomb, du zinc et du cuivre	Bruit, fumée	3e
Forges et chaudronneries de grosses œuvres employant des marteaux mécaniques	Fumée, bruit	2e
Formes en tôle pour raffineries (voir *Tôles vernies*).		
Fourneaux (hauts-)	Fumée et poussière	2e
Fours à plâtre et fours à chaux (voir *Plâtre, Chaux*).		
Fromages (dépôts de) dans les villes.	Odeur	3e
Fulminate de mercure (fabrication du). (Régime spécial, Ordonnance du 30 octobre 1836)	Danger d'explosion ou d'incendie	1re
Galipots ou *résines de pin* (voir *Résines*).		
Galons et *tissus* d'or et d'argent (brûlerie en grand des) dans les villes.	Odeur	2e
Gaz (goudrons des usines à) (voir *Goudrons*).		
Gaz d'éclairage et de chauffage (fabrication du) :		
1° Pour l'usage public. (Régime spécial. Décret du 9 février 1867)	Odeur, danger d'incendie	2e
2° Pour l'usage particulier	Id	3e
Gazomètres pour l'usage particulier, non attenant aux usines de fabrication	Id.	3e
Gélatine alimentaire et gélatines provenant de peaux blanches et de peaux fraîches non tannées (fabrication de)	Odeur.	3e
Générateurs à vapeurs. (Régime spécial. Décret du 30 avril 1880)		
Genièvre (voir *Distilleries*).		
Glace (voir *Réfrigération*).		
Glaces (étamage des) (voir *Etamage*).		
Glycérine (distillation de la)	Id	3e
Glycérine (extraction de la) des eaux de savonnerie ou de stéarinerie	Id	2
Goudrons et brais végétaux d'origines diverses (élaboration des)	Odeur, danger d'incendie	1re
Goudrons et matières bitumineuses fluides (dépôts de)	Id	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Goudrons (traitement des) dans les usines à gaz où ils se produisent..	Odeur, danger d'incendie............	2e
Goudrons (usines spéciales pour l'élaboration des) d'origines diverses.	Id.............	1re
Graisses (fonte des) à feu nu........	Id.............	1re
Graisses de cuisine (traitement des).	Odeur...............	1re
Graisses et suifs (refonte des).......	Id...............	3e
Graisses pour voitures (fabrication des)..........................	Odeur, danger d'incendie............	1re
Gravure chimique sur verre, avec application de vernis aux hydrocarbures............................	Id...............	2e
Grillage des minerais sulfureux....	Fumée, émanations nuisibles.........	1re
Grillage des minerais sulfureux, quand les gaz sont condensés et que le minerai ne renferme pas d'arsenic...........................	Id...............	2e
Guano (dépôts de) :		
1° Quand l'approvisionnement excède 25,000 kilogr...........	Odeur...............	1re
2° Pour la vente au détail.......	Id...............	3e
Harengs (saurage des)..............	Id...............	3e
Hongroieries........................	Id...............	3e
Houille (agglomérés de) (voir *Agglomérés*).		
Huile de Bergues (fabrique d') (voir *Dégras*)		
Huile de pied de bœuf (fabrication d') :		
1° Avec emploi de matières en putréfaction................	Id............ ...	1re
2° Quand les matières employées ne sont pas putréfiées.......	Id...............	2e
Huile épaisse ou dégras (voir *Dégras*).		
Huileries ou moulins à huile.	Odeur, danger d'incendie............	3e
Huiles de pétrole, de schiste et de goudron, essences et autres hydrocarbures employés pour l'éclairage et le chauffage, la fabrication des couleurs et vernis, le dégraissage des étoffes et autres usages (fabrication, distillation, travail en grand et dépôts d'). (Régime spécial. Décrets des 19 mai 1873, 12 juillet 1884 et 20 mars 1885).		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Huiles de poisson (fabrique d')	Odeur, danger d'incendie	1re
Huiles de résine (fabrication d')	Id	1re
Huiles de ressence (fabrication d')	Odeur, altération des eaux	2e
Huiles (épuration des)	Odeur, danger d'incendie	3e
Huiles essentielles ou essences de térébenthine, d'aspic et autres (voir *Huiles de pétrole, de schiste*, etc.).		
Huiles et autres corps gras extraits des débris des matières animales (extraction des)	Id	1re
Huiles extraites des schistes bitumineux (voir *Huiles de pétrole, de schiste*, etc.).		
Huiles lourdes créosotées (injection des bois à l'aide des) :		
Ateliers opérant en grand et d'une manière permanente	Odeur, danger d'incendie	2e
Huiles (mélange à chaud ou cuisson des) :		
1° En vases ouverts	Id	1re
2° En vases clos	Id	2e
Huiles oxydées par exposition à l'air (fabrication et emploi d') :		
1° Avec cuisson préalable	Id	1re
2° Sans cuisson	Id	2e
Huiles rousses (fabrication d') par extension des cretons et débris de graisse à haute température	Id	1re
Impressions sur étoffes (voir *Toiles peintes*).		
Jute (teillage du) (voir *Teillage*).		
Kirsch (voir *Distilleries*).		
Laine (voir *Battage et lavage des fils de laine*, etc.).		
Laiteries en grand dans les villes	Odeur	2e
Lard (ateliers à enfumer le)	Odeur et fumée	3e
Lavage des cocons (voir *Cocons*).		
Lavage et *séchage* des éponges (voir *Eponges*).		
Lavoirs à houille	Altération des eaux	3e
Lavoirs à laine	Id	3e
Lavoirs à minerais en communication avec des cours d'eau	Id	3e
Lessives alcalines des papeteries (incinération des)	Fumée, odeur et émanations nuisibles	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Liège (usine pour la trituration du).	Danger d'incendie. . .	2e
Lies de vin (incinération des) :		
1° Avec dégagement de la fumée au dehors.	Odeur.	1r
2° Avec combustion ou condensation des fumées.	Id.	2e
Lies de vin (séchage des).	Id.	2e
Lignites (incinération des).	Fumée, émanations nuisibles.	1re
Lin (rouissage du) (voir *Rouissage*).		
Lin (teillage en grand du) (voir *Teillage*).		
Liqueurs alcooliques (voir *Distilleries*).		
Liquides pour l'éclairage (dépôts de) au moyen de l'alcool et des huiles essentielles.	Danger d'incendie et d'explosion.	2e
Litharge (fabrication de la).	Poussière nuisible. . .	3e
Machines et *wagons* (ateliers de construction de).	Bruit, fumée.	2e
Machines à vapeur (voir *Générateurs*).		
Malteries.	Altération des eaux. .	3e
Marcs ou charrées de soude (exploitation des), en vue d'en extraire le soufre, soit libre, soit combiné. . . .	Odeur, émanations nuisibles.	1re
Maroquineries.	Odeur.	3e
Massicot (fabrication du).	Émanations nuisibles.	3e
Matières colorantes (fabrication des) au moyen de l'aniline et de la nitrobenzine.	Odeur, émanations nuisibles.	3e
Mèches de sûreté pour mineurs (fabrication des) :		
1° Quand la quantité manipulée ou conservée dépasse 100 kilogrammes de poudre ordinaire.	Danger d'incendie ou d'explosion.	1re
2° Quand la quantité manipulée ou conservée est inférieure à 100 kilogrammes de poudre ordinaire. . .	Id.	2e
Mégisseries.	Odeur.	3e
Ménageries.	Danger des animaux.	1re
Métaux (ateliers de) pour construction de machines et appareils (voir *Machines*).		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Minerais de métaux précieux (traitement des)........................	Emanations nuisibles.	3e
Minium (fabrication du)............	Id...............	3e
Miroirs métalliques (fabrique de) et autres ateliers employant des moutons.		
1° Où on emploie des marteaux ne pesant pas plus de 25 kilogrammes et n'ayant que 1 mètre au plus de longueur de chute.............	Bruit et ébranlement.	3e
2° Où on emploie des marteaux ne pesant pas plus de 25 kilogrammes et ayant plus de 1 mètre de longueur de chute................	Id..............	2e
3° Où on emploie des marteaux d'un poids supérieur à 25 kilogrammes, quelle que soit la longueur de sa chute........................	Id..............	2e
Morues (sécheries des)..............	Odeur...............	2e
Moulin à broyer le plâtre, la chaux, les cailloux et les pouzzolanes.....	Poussière............	3e
Moulins à huile (voir *Huileries*).		
Moutons (ateliers employant des) (voir *Miroirs métalliques*).		
Murexide (fabrication de la) en vases clos par la réaction de l'acide azotique et de l'acide urique du guano.	Emanations nuisibles.	2e
Nitrate de méthyle (fabrique de)....	Danger d'explosion. .	1re
Nitrates métalliques obtenus par l'action directe des acides (fabrication des) :		
1° Si les vapeurs ne sont pas condensées..............................	Vapeurs nuisibles....	1re
2° Si les vapeurs sont condensées.	Vapeurs accidentelles	2e
Nitro-benzine, aniline et matières dérivant de la benzine (fabrication de) :	Odeur, émanations nuisibles et danger d'incendie.........	2e
Noir de fumée (fabrication de) par la distillerie de houille, des goudrons, bitumes, etc..........................	Fumée, odeur.......	2e
Noir des raffineries et des sucreries (revivification du)..................	Emanations nuisibles, odeur.............	2e
Noir d'ivoire et noir animal (distillation des os ou fabrication du) :		
1° Lorsqu'on n'y brûle pas le gaz.	Odeur..............	1re

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
2° Lorsque les gaz sont brûlés...	Odeur...............	2e
Noir minéral (fabrication de) par le broyage des résidus de la distillation des schistes bitumineux......	Odeur et poussière...	3e
Oignons (dessiccation des) dans les villes..........................	Odeur...............	2e
Olives (confiserie des)...............	Altération des eaux..	3e
Olives (tourteaux d') (voir *Tourteaux*).		
Orseille (fabrication de l') :		
1° En vases ouverts...............	Odeur...............	1re
2° A vases clos et employant de l'ammoniaque à l'exclusion de l'urine............................	Id...............	3e
Os (torréfaction des) pour engrais :		
1° Lorsque les gaz ne sont pas brûlés..........................	Odeur et danger d'incendie.............	1re
2° Lorsque les gaz sont brûlés...	Id...............	2e
Os d'animaux (calcination des) (voir *Carbonisation des matières animales*).		
Os frais (dépôts d') en grand.......	Odeur, émanations nuisibles..........	1re
Os secs (dépôts d') en grand.........	Odeur.............	3e
Ouates (fabrication des).............	Poussière et danger d'incendie.........	3e
Papier (fabrication du)..............	Danger d'incendie...	3e
Parchemineries......................	Odeur...............	3e
Pâte à papier (préparation de la) au moyen de la paille et autres combustibles..........................	Altération des eaux..	2e
Peaux de lièvre et de lapin (voir *Secrétage*).		
Peaux de moutons (séchage des)...	Odeur...............	3e
Peaux, étoffes et déchets de laine (dégraissage des) par les huiles de pétrole et autres hydrocarbures....	Odeur et danger d'incendie............	1re
Peaux fraîches (voir *Cuirs verts.*)		
Peaux (lustrage et apprêtage des)...	Odeur et poussière...	3e
Peaux (planage et séchage des).....	Odeur...............	2e
Peaux salées non séchées (dépôts de).	Id...............	3e
Peaux sèches (dépôts de), conservées à l'aide de produits odorants.......	Id...............	3e
Perchlorure de fer par dissolution de peroxyde de fer (fabrication de)....	Emanations nuisibles...............	3e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Pétrole (voir *Huiles de pétrole*, etc.).		
Phosphate de chaux (ateliers pour l'extraction et le lavage du)........	Altération des eaux..	3e
Phosphore (fabrication du)..........	Danger d'incendie...	1re
Pilerie mécanique des drogues.......	Bruit et poussière....	3e
Pipes à fumer (fabrication des) :		
1° Avec fours non fumivores.....	Fumée..............	2e
2° Avec fours fumivores.........	Fumée accidentelle..	3e
Plantes marines (voir *Combustion des plantes marines*).		
Platine (fabrication du)............	Emanations nuisibles.	2e
Plâtre (fours à) :		
1° Permanents...................	Fumée et poussière..	2e
2° Ne travaillant pas plus d'un mois...........................	Id..............	3e
Plomb (fonte et laminage du) (voir *Fonte*).		
Poêliers fournalistes, poêles et fourneaux en faïence et terre cuite (voir *Faïence*) :		
Poils de lièvre et de lapin (voir *Secretage*).		
Poissons salés (dépôts de)..........	Odeur incommode...	2e
Porcelaine (fabrication de la) :		
1° Avec fours non fumivores....	Fumée..............	2e
2° Avec fours fumivores.........	Fumée accidentelle..	3e
Porcheries comprenant plus de six animaux adultes :		
1° Lorsqu'elles ne sont point l'accessoire d'un établissement agricole...........................	Odeur, bruit........	2e
2° Lorsque, dépendant d'un établissement agricole, elles sont situées dans les agglomérations urbaines de 5,000 âmes et au-dessus...........	Id..............	2e
Potasse (fabrication de la) par calcination des résidus de mélasse......	Fumée et odeur.....	2e
Poteries de terre (fabrication de) avec fours non fumivores.............	Fumée.............	3e
Poudre et *matières fulminantes* (fabrication de) (voir aussi *Fulminate de mercure*)..................	Danger d'explosion et d'incendie.........	1re
Poudrette (dépôts de) (voir *Engrais*).		
Poudrette (fabrication de) et autres engrais au moyen de matières animales...........................	Odeur et altération des eaux............	1re

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Pouzzolane artificielle (fours à).....	Fumée...............	3e
Protochlorure d'etain ou *sel d'étain* (fabrication du)....................	Emanations nuisibles	2e
Prussiate de potasse (voir *Cyanure de potassium*).		
Pulpes de betteraves (voir *Betteraves*).		
Pulpes de pommes de terre (voir *Féculeries*).		
Raffineries et fabriques de sucre....	Fumée, odeur........	2e
Réfrigération (appareils de) :		
1° Par l'acide sulfureux..........	Emanations nuisibles.	2e
2° Par l'ammoniaque............	Odeur................	3e
3° Par l'éther ou autres liquides volatils et combustibles...........	Danger d'explosion et d'incendie.........	3e
Résines, galipots et arcansons (travail en grand pour la fonte et l'épuration des).........................	Odeur, danger d'incendie.............	1re
Rogues (dépôts de salaisons liquides connues sous le nom de)..........	Odeur................	2e
Rouge de Prusse et d'Angleterre.....	Emanations nuisibles.	1re
Rouissage en grand du chanvre et du lin............................	Emanations nuisibles et altération des eaux..............	1re
Rouissage en grand du chanvre et du lin par l'action des acides, de l'eau chaude et de la vapeur......	Id.	2e
Sabots (ateliers à enfumer les) par la combustion de la corne ou d'autres matières animales dans les villes..	Odeur et fumée......	1re
Salaison et préparation des viandes.	Odeur................	3e
Salaisons (ateliers pour les) et le saurage des poissons................	Id	2e
Salaisons (dépôts de) dans les villes.	Id..............	2e
Sang :		
1° Ateliers pour la séparation de la fibrine, de l'albumine, etc......	Id...............	1re
2° (Dépôts de) pour la fabrication du bleu de Prusse et autres industries............................	Odeur...............	1re
3° (Fabrique de poudre de) pour la clarification des vins..............	Id..............	1re
Sardines (fabrique de conserves de) dans les villes.....................	Odeur...............	2e
Saucissons (fabrication en grand de).	Id..............	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Saurage des harengs (voir *Harengs*).		
Savonneries..........................	Odeur................	3e
Schistes bitumineux (voir *Huiles de pétrole, de schistes*, etc.)...........		
Scieries mécaniques et établissements où l'on travaille le bois à l'aide de machines à vapeur ou à feu.......	Danger d'incendie...	3e
Séchage des éponges (voir *Eponges*).		
Sécheries des morues (voir *Morue*).		
Secrétage des peaux ou poils de lièvre et de lapin..................	Odeur...............	2e
Sel ammoniac et sulfate d'ammoniaque (fabrication des) par l'emploi des matières animales :		
1° Comme établissement principal................................	Odeur, émanations nuisibles..........	1re
2° Comme annexe d'un dépôt d'engrais provenant de vidanges ou de débris d'animaux précédemment autorisé........................	Id..............	2e
Sel ammoniac et sulfate d'ammoniaque extraits des eaux d'épuration du gaz (fabrication spéciale de).......	Odeur...............	2e
Sel de soude (fabrication du) avec le sulfate de soude.................	Fumée, émanations nuisibles..........	3e
Sel d'étain (voir *Protochlorure d'étain*).............................		
Serrurerie (ateliers de) (voir *Chaudronnerie et serrurerie*).		
Sinapismes (fabrique des) à l'aide des hydrocarbures :		
1° Sans distillation..............	Odeur...............	2e
2° Avec distillation.............	Odeur et danger d'incendie............	1re
Sirops de fécule et glucose (fabrication des)............................	Odeur...............	3e
Soies (voir *Filature des cocons*).		
Soies de porcs (préparation des) :		
1° Par fermentation.............	Id.............	1re
3° Sans fermentation............	Odeur et poussière...	3e
Soude (voir *Sulfate de soude*).		
Soudes brutes (dépôts de résidus provenant du lessivage des)..........	Odeur, émanations nuisibles..........	1re
Soudes brutes de varech (fabrication des) dans les établissements permanents............................	Odeur et fumée......	1re

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Soufre (fusion ou distillation du)....	Emanations nuisibles, danger d'incendie..	2e
Soufre (lustrage au) des imitations de chapeaux de paille.............	Poussière nuisible....	3e
Soufre (pulvérisation et blutage du).	Poussière, danger d'incendie............	3e
Sucre (voir *Raffineries et fabriques de sucre*).		
Suif brun (fabrication du)..........	Odeur, danger d'incendie............	1re
Suif en branches (fonderies de) :		
1° A feu nu.......................	Id..............	1re
2° Au bain-marie ou à la vapeur..	Odeur..............	2e
Suif d'os (fabrication du)..........	Odeur, altération des eaux, danger d'incendie............	1re
Sulfate de baryte (décoloration du) (voir *Baryte*).		
Sulfate de cuivre (fabrication du) au moyen du grillage des pyrites.....	Emanations nuisibles et fumée..........	1re
Sulfate de fer, d'alumine et alun (fabrication du) par le lavage des terres pyriteuses et alumineuses grillées............................	Fumée et altération des eaux..........	3e
Sulfate de mercure (fabrication du) :		
1° Quand les vapeurs ne sont pas absorbées.........................	Emanations nuisibles.	1re
2° Quand les vapeurs sont absorbées............................	Emanations moindres..............	2e
Sulfate de peroxyde de fer (fabrication du) par le sulfate de protoxyde de fer et l'acide nitrique (nitro-sulfate de fer).....................	Emanations nuisibles.	2e
Sulfate de protoxyde de fer ou couperose verte par l'action de l'acide sulfurique sur la ferraille (fabrication en grand du)................	Fumée, émanations nuisibles..........	3e
Sulfate de soude (fabrication du) par la décomposition du sel marin par l'acide sulfurique :		
1° Sans condensation de l'acide chlorhydrique..................	Emanations nuisibles	1re
2° Avec condensation complète de l'acide chlorhydrique............	Id..............	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Sulfure d'arsenic (fabrication du), à la condition que les vapeurs seront condensées	Odeur, émanations nuisibles	2e
Sulfure de carbone (dépôts de). (Suivent le régime des huiles de pétrole).		
Sulfure de carbone (fabrication du).	Odeur, danger d'incendie	1re
Sulfure de carbone (manufactures dans lesquelles on emploie en grand le)	Danger, d'incendie	1re
Sulfure de sodium (fabrication du)	Odeur	2e
Sulfures métalliques (voir *Grillage des minerais sulfureux*).		
Superphosphate de chaux et de potasse (fabrication du)	Emanations nuisibles	2e
Tabac (incinération des côtes de)	Odeur et fumée	1re
Tabacs (manufactures de)	Odeur et poussière	2e
Tabatières en carton (fabrication des)	Odeur et danger d'incendie	3e
Taffetas et toiles vernis ou cirés (fabrication de)	Id	1re
Tan (moulins à)	Bruit et poussière	3e
Tannée humide (incinération de la)	Fumée, odeur	2e
Tanneries	Odeur	2e
Tapis (battage en grand des) (voir *Battage*)		
Teillage du lin, du chanvre et du jute en grand	Poussière et bruit	2e
Teintureries	Odeur et altération des eaux	3
Teintureries de peaux	Odeur	3
Térébenthine (distillation et travail en grand de la) (voir *Huile de pétrole, de schiste*, etc.).		
Terres émaillées (fabrication de) :		
1° Avec fours non fumivores	Fumée	2e
2° Avec fours fumivores	Fumée accidentelle	3e
Terres pyriteuses et alumineuses (grillage des)	Fumée, émanations nuisibles	1re
Tissus d'or et d'argent (brûlerie en grand des) (voir *Galons*)		
Toiles (blanchiment des) (voir *Blanchiment*)		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Toiles cirées (voir *Taffetas et toiles vernis*).		
Toiles grasses pour emballage, tissus, cordes goudronnées, papiers goudronnés, cartons et tuyaux bitumés (fabrique de) :		
1° Travail à chaud................	Odeur, danger d'incendie............	2e
2° Travail à froid.................	Id................	3e
Toiles peintes (fabrique de).........	Odeur.................	3e
Toiles vernies (fabrique de) (voir *Taffetas et toiles vernies*)..........		
Tôles et métaux vernis..............	Odeur, danger d'incendie.............	3e
Tonnelleries en grand opérant sur des fûts imprégnés de matières grasses et putrescibles....................	Bruit, odeur et fumée.	2e
Torches résineuses (fabrication de)..	Odeur et danger du feu................	2e
Tourbe (carbonisation de la) :		
1° A vases ouverts................	Odeur et fumée......	1re
2° A vases clos	Odeur................	2e
Tourteaux d'olives (traitement des) par le sulfure de carbone..........	Danger d'incendie...	1re
Trèfileries.........................	Bruit et fumée.......	3e
Triperies, annexes des abattoirs....	Odeur et altération des eaux..........	1re
Tueries d'animaux (voir aussi *Abattoirs publics*)....................	Danger des animaux et odeur..........	2e
Tuileries avec fours non fumivores..	Fumée...............	3e
Tuiles métalliques (trempage au goudron des)......................	Emanations nuisibles, danger d'incendie..	2e
Tuyaux de drainage (fabrique de)...	Fumée..............	3e
Urate (fabrique d') (voir *Engrais* [*Fabrication des*].)		
Vacheries dans les villes de plus de 5,000 habitants..................	Odeur et écoulement des urines.........	3e
Varech (voir *Soudes de varech*).		
Verdet ou *vert-de-gris* (fabrication du) au moyen de l'acide pyroligneux.	Odeur...............	3e
Vernis à l'esprit-de-vin (fabrique de).	Odeur et danger d'incendie............	2e
Vernis (ateliers où l'on applique le) sur les cuirs, feutres, taffetas, toiles, chapeaux (voir ces mots).		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	INCONVÉNIENTS	CLASSES
Vernis gras (fabrique de)...........	Odeur et danger d'incendie.....	1re
Vernis (voir *Argenture des glaces*)..		
Verreries, cristalleries et manufactures de glaces :		
1° Avec fours non fumivores......	Fumée et danger d'incendie............	2e
2° Avec fours fumivores........ ..	Danger d'incendie...	3e
Vessies nettoyées et débarrassées de toute substance membraneuse (atelier pour le gonflement et le séchage des)...........................	Odeur................	2e
Viandes (salaisons des) (voir *Salaisons*).		
Visières vernies (fabrique de) (voir *Feutres et visières*).		
Voiries (voir *Boues et immondices*).		
Volailles (engraissement des) (voir *Engraissement*).		
Wagons (construction de) (voir *Machines et wagons*).		

A Paris, les autorisations sont délivrées, pour les trois classes d'établissements insalubres, par le Préfet de police, après enquête et sous les conditions indiquées par le Conseil d'hygiène et de salubrité.

Au 1er janvier 1895, Paris renfermait 4 établissements insalubres de 1re classe, 540 de 2e classe et 1.125 de 3e classe, soit en tout 1.669.

Hygiène et sécurité du travail dans les établissements industriels. — Nous croyons utile de reproduire ici la loi relative à l'Hygiène et à la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels (loi du 12 juin 1893) (1).

ARTICLE PREMIER. — Sont soumis aux dispositions de la présente loi les manufactures, les fabriques, usines, chantiers, ateliers de tout genre et leurs dépendances.

(1) *Recueil du Comité consultatif d'hygiène*, tome XXIII, p. 567, 1893.

Sont seuls exceptés les établissements où ne sont employés que les membres de la famille sous l'autorité soit du père, soit de la mère, soit du tuteur.

Néanmoins, si le travail s'y fait à l'aide de chaudière à vapeur ou de moteur mécanique ou si l'industrie exercée est classée au nombre des établissements dangereux ou insalubres, l'inspecteur aura le droit de prescrire les mesures de sécurité et de salubrité à prendre conformément aux dispositions de la présente loi.

Art. 2. — Les établissements visés à l'article premier doivent être tenus dans un état constant de propreté et présenter les conditions d'hygiène et de salubrité nécessaires à la santé du personnel.

Ils doivent être aménagés de manière à garantir la sécurité des travailleurs. Dans tout établissement fonctionnant par des appareils mécaniques, les roues, les courroies, les engrenages ou tout autre organe pouvant offrir une cause de danger seront séparés des ouvriers, de telle manière que l'approche n'en soit possible que pour les besoins du service. Les puits, trappes et ouvertures doivent être clôturés.

Les machines, mécanismes, appareils de transmission, outils et engins doivent être installés et tenus dans les meilleures conditions possibles de sécurité.

Les dispositions qui précèdent sont applicables aux théâtres, cirques, magasins et autres établissements similaires où il est fait emploi d'appareils mécaniques.

Art. 3. — Des règlements d'administration publique, rendus après avis du Comité consultatif des arts et manufactures, détermineront :

1° Dans les trois mois de la promulgation de la présente loi, les mesures générales de protection et de salubrité applicables à tous les établissements assujettis, notamment en ce qui concerne l'éclairage, l'aération ou la ventilation, les eaux potables, les fosses d'aisances, l'évacuation des poussières et vapeurs, les précautions à prendre contre les incendies, etc. ;

2° Au fur et à mesure des nécessités constatées, les prescriptions particulières relatives soit à certaines industries soit à certains modes de travail.

Le Comité consultatif d'hygiène publique de France sera appelé à donner son avis en ce qui concerne les règlements généraux prévus au paragraphe 2 du présent article.

Art. 4. — Les inspecteurs du travail sont chargés d'assurer

l'exécution de la présente loi et des règlements qui y sont prévus ; ils ont entrée dans les établissements spécifiés à l'article premier et au dernier paragraphe de l'article 2, à l'effet de procéder à la surveillance et aux enquêtes dont ils sont chargés.

Art. 5. — Les contraventions sont constatées par les procès-verbaux des inspecteurs qui font foi jusqu'à preuve contraire.

Les procès-verbaux sont dressés en double exemplaire, dont l'un est envoyé au préfet du département et l'autre envoyé au parquet. Les dispositions ci-dessus ne dérogent point aux règles du droit commun quant à la constatation et à la poursuite des infractions commises à la présente loi.

Art. 6. — Toutefois, en ce qui concerne l'application des règlements d'administration publique prévus par l'article 3 ci-dessus, les inspecteurs, avant de dresser procès-verbal, mettront les chefs d'industrie en demeure de se conformer aux prescriptions dudit règlement.

Cette mise en demeure sera faite par écrit sur le registre de l'usine, elle sera datée et signée, indiquera les contraventions relevées et fixera un délai à l'expiration duquel ces contraventions devront avoir disparu. Ce délai ne sera jamais inférieur à un mois.

Dans les quinze jours qui suivent cette mise en demeure, le chef d'industrie adresse, s'il le juge convenable, une réclamation au ministre du commerce et de l'industrie.

Ce dernier peut, lorsque l'obéissance à la mise en demeure nécessite des transformations importantes portant sur le gros œuvre de l'usine, après avis conforme du Comité des arts et manufactures, accorder à l'industriel un délai dont la durée, dans tous les cas, ne dépassera jamais dix-huit mois.

Notification de la décision est faite à l'industriel dans la forme administrative, avis en est donné à l'inspecteur.

Art. 7. — Les chefs d'industrie, directeurs, gérants ou préposés, qui auront contrevenu aux dispositions de la présente loi et des règlements d'administration publique relatifs à son exécution seront poursuivis devant le tribunal de simple police et punis d'une amende de 5 à 15 francs. L'amende sera appliquée autant de fois qu'il y aura de contraventions distinctes constatées par le procès-verbal, sans toutefois que le chiffre total des amendes puisse excéder 200 francs.

Le jugement fixera, en outre, le délai dans lequel seront exécutés les travaux de sécurité et de salubrité imposés par la loi.

Les chefs d'industrie sont civilement responsables des condamnations prononcées contre leurs directeurs, gérants ou préposés.

Art. 8. — Si, après une condamnation prononcée en vertu de l'article précédent, les mesures de sécurité ou de salubrité imposées par la présente loi ou par les règlements d'administration publique n'ont pas été exécutées dans le délai fixé par le jugement qui a prononcé la condamnation, l'affaire est, sur un nouveau procès-verbal, portée devant le tribunal correctionnel qui peut, après une nouvelle mise en demeure restée sans résultat, ordonner la fermeture de l'établissement.

Le jugement sera susceptible d'appel; la cour statuera d'urgence.

Art. 9. — En cas de récidive, le contrevenant sera poursuivi devant le tribunal correctionnel et puni d'une amende de 50 à 500 francs sans que la totalité des amendes puisse excéder 2.000 francs.

Il y a récidive lorsque le contrevenant a été frappé, dans les douze mois qui ont précédé le fait qui est l'objet de la poursuite, d'une première condamnation pour infraction à la présente loi ou au règlement d'administration publique relatif à son exécution.

Art. 10. — Les inspecteurs devront fournir chaque année des rapports circonstanciés sur l'application de la présente loi dans toute l'étendue de leurs circonscriptions. Ces rapports mentionneront les accidents dont les ouvriers auront été victimes et leurs causes. Ils contiendront les propositions relatives aux prescriptions nouvelles qui seraient de nature à mieux assurer la sécurité du travail.

Un rapport d'ensemble, résumant ces communications, sera publié tous les ans par les soins du ministre du commerce et de l'industrie.

Art. 11. — Tout accident ayant causé une blessure à un ou plusieurs ouvriers, survenu dans un des établissements mentionnés à l'article premier et au dernier paragraphe de l'article 2, sera l'objet d'une déclaration par le chef de l'entreprise ou, à son défaut et en son absence, par le préposé.

Cette déclaration contiendra le nom et l'adresse des témoins de l'accident; elle sera faite dans les quarante-huit heures au maire de la commune qui en dressera procès-verbal dans la forme à déterminer par un règlement d'administration publique. A

cette déclaration sera joint, produit par le patron ,un certificat du médecin indiquant l'état du blessé, les suites probables de l'accident et l'époque à laquelle il sera possible d'en connaître le résultat définitif.

Récépissé de la déclaration et du certificat médical sera remis, séance tenante, au déposant. Avis de l'accident est donné immédiatement par le maire à l'inspecteur divisionnaire ou départemental.

Art. 12. — Seront punis d'une amende de 100 à 500 francs, et en cas de récidive de 500 à 1.000 francs, tous ceux qui auront mis obstacle à l'accomplissement des devoirs d'un inspecteur.

Les dispositions du Code pénal qui prévoient et répriment les actes de résistance, les outrages et les violences contre les officiers de la police judiciaire sont, en outre, applicables à ceux qui se rendront coupables de faits de même nature à l'égard des inspecteurs.

Art. 13. — Il n'est rien innové quant à la surveillance des appareils à vapeur.

Art. 14. — L'article 463 du Code pénal est applicable aux condamnations prononcées en vertu de la présente loi.

Cette loi du 12 juin 1893 a été complétée par le décret du 10 mars 1894 portant règlement d'administration publique (1).

Article premier. — Les emplacements affectés au travail dans les manufactures, fabriques, usines, chantiers, ateliers de tous genres et leurs dépendances seront tenus en état constant de propreté. Le sol sera nettoyé à fond au moins une fois par jour avant l'ouverture ou après la clôture du travail, mais jamais pendant le travail. Ce nettoyage sera fait par un lavage, soit à l'aide de brosses ou de linges humides si les conditions de l'industrie ou la nature du revêtement du sol s'opposent au lavage. Les murs et les plafonds seront l'objet de fréquents nettoyages ; les enduits seront refaits toutes les fois qu'il sera nécessaire.

Art. 2. — Dans les locaux où l'on travaille des matières orga-

(1) *Recueil du Comité consultatif d'hygiène*, 1894, tome XXIV, p. 417.

niques altérables, le sol sera rendu imperméable et toujours bien nivelé, les murs seront recouverts d'un enduit permettant un lavage efficace.

En outre, le sol et les murs seront lavés aussi souvent qu'il sera nécessaire avec une solution désinfectante. Un lessivage à fond avec la même solution sera fait au moins une fois par an.

Les résidus putrescibles ne devront jamais séjourner dans les locaux affectés au travail et seront enlevés au fur et à mesure.

Art. 3. — L'atmosphère des ateliers et de tous les autres locaux affectés au travail sera tenue constamment à l'abri de toute émanation provenant d'égouts, fossés, puisards, fosses d'aisances ou de toute autre source d'infection. Dans les établissements qui déverseront les eaux résiduaires ou de lavage dans un égout public ou privé, toute communication entre l'égout et l'établissement sera munie d'un intercepteur hydraulique fréquemment nettoyé et abondamment lavé au moins une fois par jour.

Les travaux dans les puits, conduites de gaz, canaux de fumée, fosses d'aisances, cuves ou appareils quelconques pouvant contenir des gaz délétères ne seront entrepris qu'après que l'atmosphère aura été assainie par une ventilation efficace. Les ouvriers appelés à travailler dans ces conditions seront attachés par une ceinture de sûreté.

Art. 4. — Les cabinets d'aisances ne devront pas communiquer directement avec les locaux fermés où seront employés des ouvriers. Ils seront éclairés, abondamment pourvus d'eau, munis de cuvettes avec inflexion siphoïde du tuyau de chute. Le sol, les parois seront en matériaux imperméables, les peintures seront d'un ton clair.

Il y aura au moins un cabinet pour cinquante personnes et des urinoirs en nombre suffisant.

Aucun puits absorbant, aucune disposition analogue ne pourra être établie qu'avec l'autorisation supérieure et dans les conditions qu'elle aura prescrites.

Art. 5. — Les locaux fermés affectés au travail ne seront jamais encombrés; le cube d'air par ouvrier ne pourra être inférieur à 6 mètres cubes.

Ils seront largement aérés. Ces locaux, leurs dépendances et notamment les passages et escaliers seront convenablement éclairés.

Art. 6. — Les poussières ainsi que les gaz incommodes, insalubres ou toxiques seront évacués directement au dehors de l'atelier au fur et à mesure de leur production.

Pour les buées, vapeurs, gaz, poussières légères, il sera installé des hottes avec cheminées d'appel ou tout autre appareil d'élimination efficace.

Pour les poussières déterminées par les meules, les batteurs, les broyeurs et tous autres appareils mécaniques, il sera installé, autour des appareils, des tambours en communication avec une ventilation aspirante énergique. Pour les gaz lourds, tels que vapeurs de mercure, de sulfure de carbone, la ventilation aura lieu per descensum : les tables ou appareils de travail seront mis en communication directe avec le ventilateur.

La pulvérisation des matières irritantes ou toxiques ou autres opérations telles que le tamisage et l'embarillage de ces matières se feront mécaniquement en appareils clos.

L'air des ateliers sera renouvelé de façon à rester dans l'état de pureté nécessaire à la santé des ouvriers.

Art. 7. — Pour les industries désignées par arrêté ministériel, après avis du Comité consultatif des arts et manufactures, les vapeurs, les gaz incommodes et insalubres et les poussières seront condensés ou détruits.

Art. 8. — Les ouvriers ne devront point prendre leurs repas dans les ateliers ni dans aucun local affecté au travail.

Les patrons mettront à la disposition de leur personnel les moyens d'assurer la propreté individuelle, vestiaires avec lavabos, ainsi que l'eau de bonne qualité pour la boisson.

Art. 9. — Pendant les interruptions de travail pour les repas, les ateliers seront évacués et l'air en sera entièrement renouvelé.

Art. 10. — Les moteurs à vapeur, à gaz, les moteurs électriques, les roues hydrauliques, les turbines ne seront accessibles qu'aux ouvriers affectés à leur surveillance. Ils seront isolés par des cloisons ou barrières de protection.

Les passages entre les machines, mécaniques, outils mus par ces moteurs auront une largeur d'au moins 80 centimètres : le sol des intervalles sera nivelé.

Les escaliers seront solides et munis de fortes rampes.

Les puits, trappes, cuves, bassins, réservoirs de liquides corrosifs ou chauds, seront pourvus de solides barrières ou garde-corps.

Les échafaudages seront munis sur toutes leurs faces de garde-corps de 90 centimètres de haut.

Art. 11. — Les monte-charges, ascenseurs, élévateurs seront guidés et disposés de manière que la voie de la cage du monte-charge et des contre-poids soit fermée ; que la fermeture du puits à l'entrée des divers étages ou galeries s'effectue automatiquement, que rien ne puisse tomber du monte-charge dans le puits.

Pour les monte-charge destinés à transporter le personnel, la charge devra être calculée au tiers de la charge admise pour le transport des marchandises, et les monte-charge seront pourvus de freins. chapeaux; parachutes ou autres appareils préservateurs.

Art. 12. — Toutes les pièces saillantes mobiles et autres parties dangereuses des machines et notamment les bielles, roues, volants, les courroies et câbles, les engrenages, les cylindres et cônes de frictions ou tous autres organes de transmission qui seraient reconnus dangereux seront munis de dispositifs protecteurs, tels que gaînes et chéneaux de bois ou de fer, tambours pour les courroies et les bielles, ou de couvre-engrenage, garde-mains, grillages.

Les machines-outils à instruments tranchants tournant à grande vitesse, telles que machine à scier, fraiser, raboter, découper, hacher, les cisailles, coupe-chiffons et autres engins semblables seront disposés de telle sorte que les ouvriers ne puissent, de leur poste de travail, toucher involontairement les instruments tranchants.

Sauf le cas d'arrêt du moteur, le maniement des courroies sera toujours fait par le moyen de systèmes tels que monte-courroie, porte-courroie, évitant l'emploi direct de la main.

On devra prendre, autant que possible, des dispositions telles qu'aucun ouvrier ne soit habituellement occupé à un travail quelconque dans le plan de rotation ou aux abords immédiats d'un volant, d'une meule ou de tout autre engin pesant et tournant à grande vitesse.

Art. 13. — La mise en train et l'arrêt des machines devront être toujours précédés d'un signal convenu.

Art. 14. — L'appareil d'arrêt des machines motrices sera toujours placé sous la main des conducteurs qui dirigent ces machines. Les contremaîtres ou chefs d'atelier, les conducteurs

de machines-outils, métiers, etc., auront à leur portée le moyen de demander l'arrêt des moteurs.

Art. 15. — Des dispositifs de sûreté devront être installés, dans la mesure du possible, pour le nettoyage et le graissage des transmissions ou mécanismes en marche.

En cas de réparation d'un organe mécanique quelconque, son arrêt devra être assuré par un calage convenable de l'embrayage ou du volant : il en sera de même pour les opérations de nettoyage qui exigent l'arrêt des organes mécaniques.

Art. 16. — Les sorties des ateliers sur les cours, vestibules, escaliers et autres dépendances intérieures de l'usine doivent être munies de portes s'ouvrant de dedans en dehors.

Ces sorties seront toujours libres et ne devront jamais être encombrées de marchandises, de matières en dépôt ni d'objets quelconques. Le nombre des escaliers sera calculé de manière que l'évacuation de tous les étages d'un corps de bâtiment contenant des ateliers puisse se faire immédiatement.

Dans les ateliers occupant plusieurs étages, la construction d'un escalier extérieur incombustible pourra, si la sécurité l'exige, être prescrite par une décision du ministre du commerce après avis du comité des arts et manufactures.

Les récipients pour l'huile ou le pétrole servant à l'éclairage seront placés dans des locaux séparés et jamais au voisinage des escaliers.

Art. 17. — Les machines dynamos devront être isolées électriquement.

Elles ne seront jamais placées dans un atelier où des corps explosifs, des gaz détonants ou des poussières inflammables se manient ou se produisent.

Les conducteurs électriques placés en plein air pourront rester nus ; dans ce cas, ils devront être portés par des isolateurs de porcelaine ou de verre ; ils seront écartés des masses métalliques, telles que gouttières, tuyaux de descente, etc.

A l'intérieur des ateliers, les conducteurs nus destinés à des prises de courant sur leur parcours seront écartés des murs, hors de la portée de la main et convenablement isolés.

Les autres conducteurs seront protégés par des enveloppes isolantes.

Toutes précautions seront prises pour éviter l'échauffement des conducteurs à l'aide de coupe-circuits et autres dispositifs analogues.

Art. 18. — Les ouvriers et ouvrières qui ont à se tenir près des machines doivent porter des vêtements ajustés et non flottants.

A la suite de diverses réclamations, le Comité consultatif d'hygiène publique de France a proposé, dans sa séance du 4 février 1895, de remplacer l'article 4 du décret du 10 mars 1894 par la rédaction suivante :

Les cabinets d'aisances ne devront pas communiquer directement avec les locaux fermés ou sont employés des ouvriers.

Ils seront éclairés ; le sol, les parois seront en matériaux imperméables ; les peintures seront d'un ton clair.

Ils devront être abondamment pourvus d'eau, munis de cuvettes avec inflexion siphoïde du tuyau de chute.

Dans le cas où des circonstances spéciales ou des conditions locales ne permettraient pas l'application de ces dernières prescriptions, l'industriel pourra en être dispensé par l'inspecteur divisionnaire qui en rendra compte au ministre.

Dépotoirs, vidanges, latrines. — Parmi les établissements dont le voisinage est le plus à craindre pour une grande ville se placent au premier rang les *voiries* et *usines de sulfate d'ammoniaque*, installées autour de son enceinte et qui forment une véritable ceinture d'infection.

Les matières fécales, provenant de la vidange des fosses fixes ou de l'enlèvement des tonneaux mobiles (1.200.000 mètres cubes), sont transportées, soit au dépotoir de la Villette, d'où elles sont refoulées dans la voirie municipale de Bondy, à 10 kilomètres de Paris, soit à des dépotoirs particuliers situés à Billancourt, Nanterre, Arcueil, Aubervilliers, Saint-Denis, Maisons-Alfort, Thiais, Drancy.

Les émanations nauséabondes, produites par les usines de vidange dans lesquelles les déjections liquides sont transformées en sulfate d'ammoniaque, ont soulevé des

plaintes nombreuses, qui ont amené la fermeture de plusieurs de ces usines.

L'envoi de toutes les matières fécales à l'égout, rendu obligatoire à bref délai par la loi du 10 juillet 1894, amènera heureusement la suppression des voiries et des usines en question.

Le Conseil municipal a voté, le 10 décembre 1890, la suppression des 40 latrines publiques, établies sur les berges de la Seine, dans les murs de soutènement des quais. Ces latrines répugnantes, installées dans les conditions les plus défectueuses, impossibles à surveiller, laissaient échapper des odeurs méphitiques par suite de leur saleté repoussante.

Elles ont été remplacées fort heureusement par des chalets de nécessité, semblables à ceux qui existent dans l'intérieur de Paris.

Boucheries, Charcuteries et Triperies.— L'installation des étaux de boucherie et des laboratoires de charcuterie est réglementée, à Paris, au point de vue de l'hygiène, par les arrêtés du 20 avril 1887 (1).

Pour la boucherie, le règlement, modifié en 1890, prescrit :

1° la ventilation des étaux, au moyen d'une prise d'air sur la cour ou d'un tuyau posé dans la courette de la maison et s'élevant jusqu'au faîtage de la maison ou des maisons contiguës, si elles sont plus élevées;

2° l'abonnement aux eaux de la Ville pour une quantité d'au moins 500 litres par jour, les puits et réservoirs n'étant tolérés qu'à titre exceptionnel.

Les laboratoires de charcuterie ne peuvent être installés

(1) Voyez Bourrier, *les Industries des Abattoirs*. Paris, 1897. (*Bibl. des connaissances utiles*.)

que dans les voies pourvues d'égout et d'une canalisation d'eau de source; les charcutiers sont obligés d'envoyer les eaux résiduaires des laboratoires par une canalisation souterraine dans l'égout public et de prendre un abonnement d'eau de source d'au moins 500 litres par jour.

Les laboratoires et les cuisines des charcuteries doivent être ventilés au moyen d'un tuyau prolongé directement jusqu'au-dessus du toit.

En 1895, le Conseil d'hygiène et de salubrité de la Seine a émis le vœu que toutes les boucheries, charcuteries et triperies soient tenues d'avoir, dans le local destiné à recevoir les os et débris de viande, un récipient en bois, contenant un désinfectant composé de 100 litres d'eau et 2 litres de chlorure de zinc liquide à 40 degrés. Tous les os, débris de viande et déchets de boucherie devront être immergés dans ce bain, avant leur enlèvement par les voitures.

Les triperies sont régies par l'ordonnance du 21 avril 1865.

Chiffonniers. — L'industre du chiffonnage s'exerce généralement dans des conditions hygiéniques des plus fâcheuses. Les chiffonniers accumulent dans les réduits où ils habitent les débris et les résidus sordides qu'ils ont ramassés sur la voie publique.

Il faudrait empêcher le séjour de ces matières en putréfaction, d'où se dégagent des odeurs malsaines, dangereuses pour les chiffonniers et leurs voisins (1).

(1) Abel Franson et Dublanc, *Commerce des chiffons dans le XIIe arrondissement de Paris* (*Ann. d'hyg.*, 1854, 2e série, tome I, p. 59). — Eyff, *Commerce et industrie des chiffons au point de vue sanitaire.* (*Ann. d'hyg.*, 1896, tome XXXV, 3e série, p. 553.)

CHAPITRE VII

CIMETIÈRES ET CRÉMATION

Inhumations et Cimetières. — Autrefois, les inhumations avaient lieu dans l'intérieur des villes, soit dans les cimetières, soit dans les églises. Des gaz méphitiques s'en échappaient, au grand détriment de la santé des vivants.

Le décret du 12 juin 1804 interdit en France les inhumations dans l'intérieur des villes et dans les églises et déclara qu'elles auraient lieu seulement dans des cimetières, placés à 35 mètres au moins de l'enceinte des villes.

Le décret du 7 mars 1808 stipula qu'il ne pourrait être élevé, sans autorisation, aucune construction ni creusé aucun puits, à moins de 100 mètres des cimetières.

Il fut décidé que les inhumations auraient lieu dans des fosses séparées, ayant au moins 1 m. 50 à 2 mètres de profondeur sur 0 m. 80 de largeur et pouvant recevoir des corps pendant cinq ans.

Les fosses doivent être distantes les unes des autres de 0 m. 30 à 0 m. 40 sur les côtés et de 0 m. 30 à 0 m. 50 à la tête et aux pieds.

En exécution du décret de 1804, complété par l'ordonnance du 6 décembre 1843, la ville de Paris établit en dehors de son enceinte les trois grands cimetières du Nord, de l'Est et du Sud, d'une surface de 82 hectares. Mais l'annexion, par la loi du 16 juin 1859, des territoires renfermant ces cimetières, obligea l'administration à éta-

blir de nouveaux lieux de sépulture, d'autant plus qu'il fallait aussi satisfaire aux besoins du service des inhumations d'une population sans cesse grandissante.

L'administration avait fait choix, à cet effet, en 1867, d'un emplacement de 850 hectares dans les communes de Méry-sur-Oise et Saint-Ouen-l'Aumône, à 22 kilomètres de Paris, mais on n'y installa pas de sépultures, vu son trop grand éloignement.

En 1883, le Conseil municipal de Paris vota l'établissement de deux cimetières à 1 kilomètre 500 des fortifications, l'un de 99 hectares à Pantin et à Bobigny, l'autre de 61 hectares à Bagneux (1).

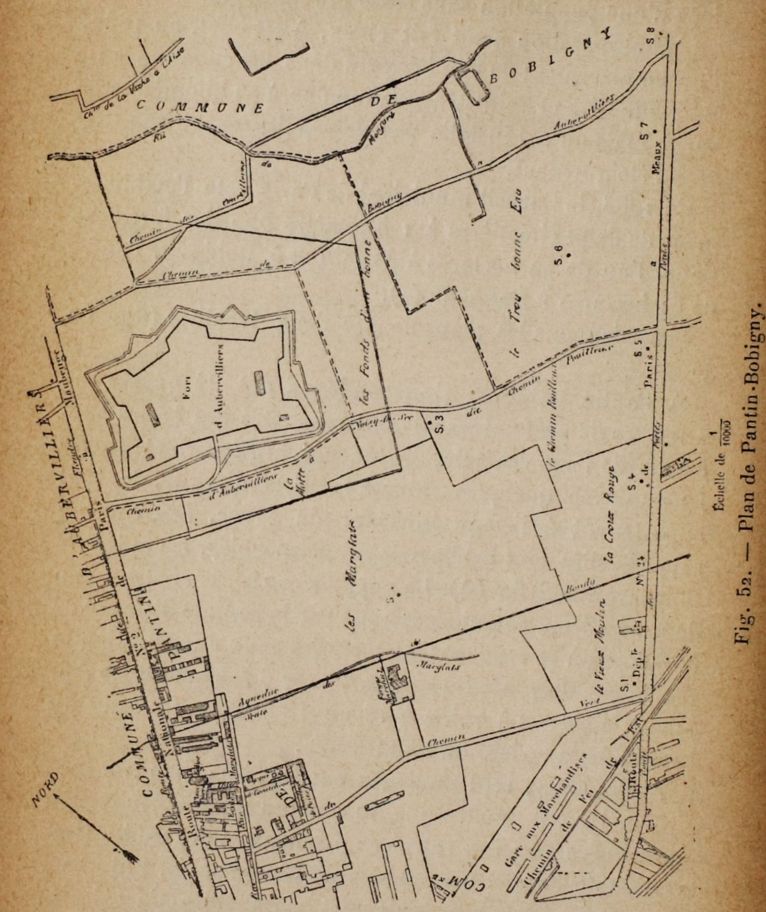
Nous donnons les plans de ces deux localités (fig. 52 et 53).

A Pantin-Bobigny, cinq sondages ont été opérés sur 5 mètres de profondeur. Ils ont rencontré des bancs successifs de terre végétale, de marnes argileuses et graveleuses, avec quelques minces feuillets d'argile, le tout appartenant à l'étage inférieur du gypse. Les couches superficielles sont médiocrement perméables, les autres le sont davantage (fig. 54). La nappe d'eau se rencontre à peu de profondeur, ce qui s'explique par la grande distance de la Seine, où se rendent lentement les eaux d'infiltration et par le peu de pente du sol ; car, avec 6 kilomètres de distance, le sol est à peine à 16 ou 18 mètres au-dessus du niveau de la rivière de Saint-Denis.

A Bagneux, sept sondages ont été faits en divers endroits. Ils ont montré que les couches supérieures étaient constituées par des calcaires marneux et des sables (travertins de Saint-Ouen, sables de Beauchamp). Plus bas, se trouvent les bancs également perméables du calcaire grossier. Les premiers, appelés *caillasses*, ont peu de con-

(1) Du Mesnil, *les Nouveaux cimetières parisiens de Bagneux et de Pantin-Bobigny* (*Annales d'hyg.*, 1886, tome XV, p. 132).

sistance; les autres ont été excavés par de très nombreuses carrières de pierre à bâtir, dont plusieurs sont utilisées

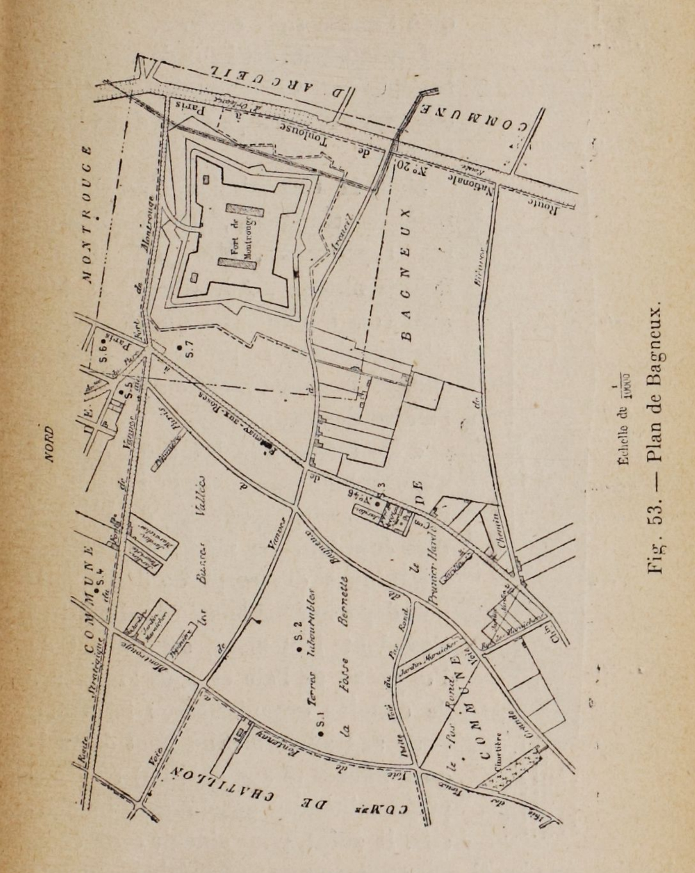


Échelle de $\frac{1}{10000}$

Fig. 52. — Plan de Pantin-Bobigny.

aujourd'hui pour la culture des champignons (voir fig. 55 et 56). Les puits ne se rencontrent pas à moins de 20 à 25 mètres de profondeur.

La pente générale du sol, assez prononcée vers l'ouest, doit avoir naturellement pour effet de diriger les eaux



Echelle de $\frac{1}{10000}$

Fig. 53. — Plan de Bagneux.

tombées à la surface vers Vanves, Issy et la Seine, en aval de Grenelle et non pas vers l'intérieur de Paris.

Les cimetières de Pantin et de Bagneux, ouverts le 15 novembre 1886, avec les trois grands cimetières du

Nord, de l'Est et du Sud, et les cimetières d'Ivry, de Montmartre-Saint-Ouen, etc., doivent assurer le service des inhumations jusqu'à l'année 1935 environ.

Fig. 54. — Coupe des terrains à Pantin-Bobigny.

L'insalubrité des lieux de sépulture, le danger du voisinage des cimetières ont passé longtemps pour des vérités absolues.

Mais la Commission d'assainissement des cimetières, par l'organe de ses rapporteurs, MM. du Mesnil, Schutzenberger, Ad. Carnot et Miquel (1), a démontré que les cimetières parisiens ne présentaient aucun danger de contamination du sol, de l'air ou des eaux.

« De même que les eaux d'égout s'épurent en traversant le sol sur lequel elles sont répandues, dit M. Gustave Jourdan, de même les matières organiques des corps en décomposition déposés dans le sol des cimetières s'oxydent lentement, au contact de l'oxygène de l'air et sous l'influence de certains organismes ou ferments, pour se transformer au bout de quelques années (5 ans environ) en composés minéraux absolument inoffensifs. Il suffit, pour obtenir cette combustion, que le sol soit suffisamment perméable, sur une

(1) Brouardel et Du Mesnil, *Des Conditions d'inhumation dans les cimetières* (*Annales d'Hygiène*, 1892, tome XXVIII, page 34) et *les Sepultures, projet de revision du décret du 23 prairial an XII* (*Ann. d'Hyg.*, 1896, tome XXXVI, p. 385).

profondeur de 2 mètres environ, ainsi que l'est d'ailleurs le sol des cimetières de Paris. »

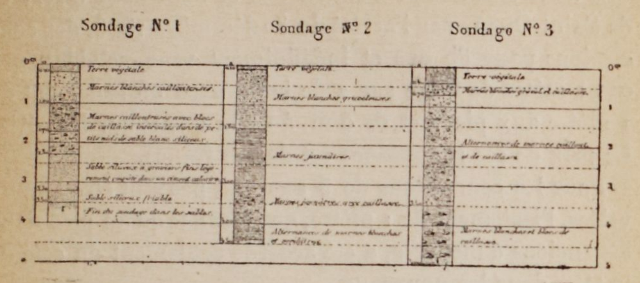


Fig. 55. — Résultat des sondages à Bagneux.

Sondage N° 4 Sondage N° 5 Sondage N° 6 Sondage N° 7

Fig. 56. — Résultat des sondages à Bagneux.

D'autre part, il n'existe pas plus de germes de moisissures dans l'air des cimetières de Paris que dans l'atmosphère des rues du centre de la ville.

Les eaux des puits des cimetières n'ont donné, à l'analyse, aucune trace appréciable de matière organique.

Le voisinage des cimetières ne présentant pas de dangers pour la santé publique, l'administration parisienne a décidé, en 1880, de réduire de 100 à 10 mètres la zone dans laquelle il est interdit de bâtir aux abords des cimetières.

Dans les cimetières de Bagneux et de Pantin, on a consacré les 2/3 des terrains aux avenues et plantations.

Il a été créé dans ces cimetières, et dans ceux d'Ivry et de Saint-Ouen, par l'arrêté du 30 décembre 1886, des concessions pour 30 ans et indéfiniment renouvelables, qui ont 1 mètre de large sur 2 de long, avec un isolement de 1 mètre aux pieds et de 0 m. 40 à la tête et sur les côtés. Le prix de ces concessions est de 300 francs.

Pour les concessions de 5 ans, qui peuvent être renouvelées, l'isolement de 1 mètre, qui n'existe qu'au pied dans les anciens cimetières, a été accordé également du côté de la tête, dans les nouveaux.

Les tranchées gratuites (*fosses communes*) n'ont plus, à Pantin-Bobigny, qu'une profondeur de 2 mètres, au lieu de 4, et sont séparées par un passage de 1 mètre à la tête et au pied des tombes, disposition qui permet de placer aussitôt des entourages de 0 m. 60 de large sur 1 m. 50 de long, au lieu d'attendre deux mois, comme autrefois.

Les concessions perpétuelles ne sont consenties que dans les cimetières du Nord, du Sud, de l'Est, des Batignolles, de Belleville, de Bercy, de Charonne, de Grenelle, de Passy, de Vaugirard et de la Villette, tous dans l'intérieur de Paris.

Dans les cimetières de l'Est et du Sud, on a installé des fours pour consumer les détritus du nettoyage des allées, tels que papiers, fleurs, etc., qui étaient autrefois brûlés à l'air libre.

Dans un certain nombre d'années, les nouveaux cimetières *extra-muros* seront à leur tour remplis; il faudra donc chercher d'autres emplacements pour les morts. La chose se complique, en outre, de l'augmentation considérable de la population de Paris et surtout de la banlieue. Chaque année, en effet, les cimetières parisiens reçoivent plus de 50.000 corps nouveaux.

A notre avis, la crémation est seule capable de donner à la question une solution définitive, économique, sanitaire et morale.

Crémation. — « Les difficultés que rencontre la Ville pour se procurer, au milieu des populations agglomérées autour de son enceinte, dit M. G. Jourdan, des emplacements assez vastes pour suffire aux inhumations d'une immense cité, l'augmentation toujours croissante du nombre des concessions perpétuelles, qui diminuent la surface des terrains disponibles, la longueur des trajets à parcourir pour accompagner les morts jusqu'à leur demeure dernière, sont pour l'administration la cause de sérieux embarras et de lourdes dépenses.

« Aussi, le Conseil municipal de Paris a-t-il pensé que le meilleur moyen de remédier à cette situation consisterait à remplacer l'inhumation par la crémation, qui a pour effet de brûler complètement les cadavres, en ne laissant que des cendres que l'on peut recueillir dans des urnes de petites dimensions.

« L'application générale de ce système permettrait de supprimer les cimetières parisiens et d'établir dans l'intérieur même de la ville des monuments, dans lesquels seraient accomplies les opérations de la crémation et qui recevraient, en même temps, les urnes contenant les cendres des corps incinérés. »

La crémation a été employée en Grèce et dans la Rome ancienne et elle est encore usitée dans l'Inde. Depuis plusieurs années, elle se pratique à Milan, Lodi (Italie), Gotha, Breslau, Dresde (Allemagne), Zurich (Suisse), Stockholm (Suède), Londres (Angleterre), aux États-Unis, etc.

Malgré ses avantages, une réforme aussi radicale que la crémation des morts ne pourrait, pour le moment, être

rendue obligatoire. Il y a des préjugés, basés uniquement sur des sentiments invétérés et difficiles à modifier, qu'il faut ménager, parce qu'ils méritent le respect comme toutes les convictions sincères, quoique erronées. On ne doit surtout pas contrarier les idées qu'on se fait sur la mort.

Il faut donc, par une propagande scientifique incessante, démontrer les mérites de la crémation aux générations futures, leur faire voir que, seule, elle conserve les morts sous une forme décente, la mettre en parallèle avec le hideux de la putréfaction, et, en attendant, encourager les crémations volontaires facultatives.

Il faut aussi restreindre le plus possible le temps de l'opération et en cacher le mieux qu'on peut les manipulations, dont la seule vue éloigne bien des partisans.

On a fait à la crémation une objection judiciaire, en faisant remarquer qu'elle fait disparaître les traces d'un empoisonnement, puisque le corps est brûlé. Mais au moindre soupçon ou indice, qui empêche de décider que l'autopsie aura lieu de droit?

Pour répondre aux objections religieuses, qui empêche d'accompagner la crémation des cérémonies des cultes quelconques, puisque cela se fait déjà à Milan?

Le premier pas fut fait en France en 1884, le jour où fut autorisée l'incinération des débris provenant des cadavres ayant servi aux études médicales dans les hôpitaux (1).

En juillet 1885, le Conseil municipal de Paris adopta un projet de construction d'un premier monument crématoire, au cimetière du Père-Lachaise, pour y incinérer les débris des amphithéâtres de dissection. Ce monument, construit, en 1887, par MM. Bartet et Formigé (fig. 57) contint d'abord deux fours crématoires du système Gorini,

(1) Brouardel, *De l'utilité qu'il y aurait à autoriser la crémation des corps ayant servi à des études anatomiques*, (*Annales d'Hygiène*, 1884, tome XI, p. 411).

précédemment employé à Milan et à Rome (1). Cet appareil est alimenté par des fagots de bois, ne produisant pas une température de plus de 600 degrés. La combustion du corps est obtenue, sans dégagement d'aucune odeur, en

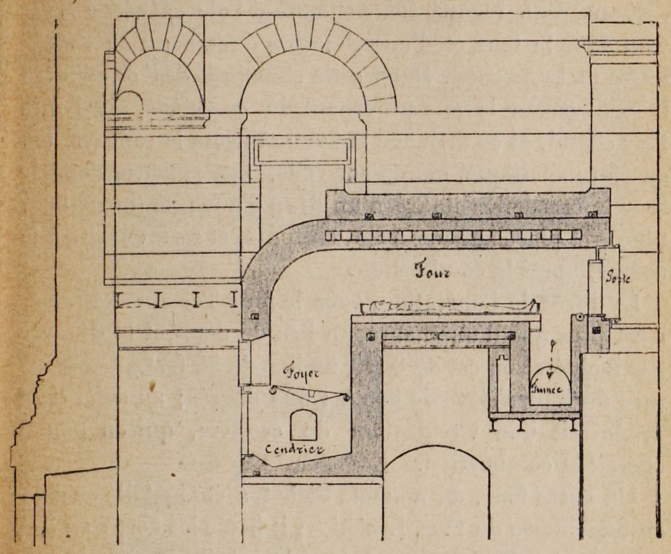


Fig. 57. — Four crématoire du Père-Lachaise. Système Gorini.

2 heures. La dépense de chaque crémation, par le four Gorini, revient à 35 fr. environ, compris l'urne en poterie destinée à recevoir les cendres.

Le monument du Père-Lachaise complet a été prévu pour comprendre un vestibule, une grande salle d'attente aboutissant à 3 hémicycles, contenant chacun un appareil crématoire, et des galeries latérales.

Le système Gorini, ayant l'inconvénient de faire durer trop longtemps l'opération et de rendre trop élevé le prix des incinérations, fut bientôt abandonné et rem-

(1) Du Mesnil, *le Monument crématoire du cimetière de l'Est* (*Ann. d'Hyg. et de Méd. légale*, 1888, tome XIX, p. 77.)

placé, en 1889, au crématoire du Père-Lachaise, par le four Toisoul et Fradet (fig. 58), qui emploie le coke au lieu du bois. Ce four se compose : d'un gazogène, qui transforme le coke en un combustible gazeux, l'oxyde de carbone, d'un récupérateur chauffant l'air extérieur arrivant dans le four et d'une chambre d'incinération voûtée recevant le cercueil. Dans cette chambre, des ouvertures laissent passer le gaz provenant du gazogène, ainsi que l'air chaud, et ce mélange enflammé brûle le cadavre. Un chariot métallique, monté sur rails, fait pénétrer dans le four le cercueil, entouré d'un drap d'amiante (incombustible), et placé sur une sole en fonte, et sert ensuite à le retirer, après la combustion.

La durée de l'opération, avec le four Toisoul et Fradet, n'est plus que d'une heure, au lieu de deux, et la dépense par incinération est de 3 fr., au lieu de 35 fr. La température du four s'élève de 800 à 1.400 degrés ; au delà, il se produirait une vitrification du cadavre, qui en empêcherait la combustion.

Un autre four, du système Fichet, a été installé en 1890 au crématoire du Père-Lachaise ; il brûle les corps en 3/4 d'heure et suffit largement, avec le précédent, pour le moment, au service des incinérations demandées par les familles et de celles des débris d'hôpitaux.

La crémation a été admise, en effet, par la loi du 15 novembre 1887, au nombre des modes réguliers de sépulture.

Aux termes du décret du 27 avril 1889, l'incinération est faite sous la surveillance de l'autorité municipale et ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une permission de l'officier de l'état civil.

Les cendres ne peuvent être déposées, même à titre provisoire, que dans des lieux de sépulture régulièrement établis.

La loi du 17 juillet 1889 et l'arrêté du 30 décembre 1889 ont fixé la taxe des incinérations facultatives. Cette

taxe varie de 50 à 250 fr., suivant la classe de la décoration, les services gratuits étant dispensés de toute taxe.

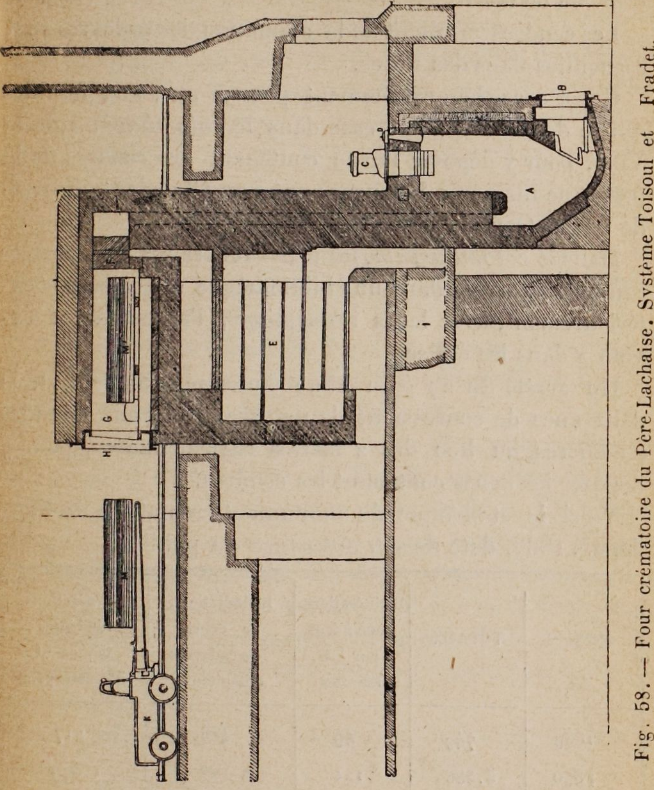


Fig. 58. — Four crématoire du Père-Lachaise. Système Toisoul et Fradet.

L'arrêté du 27 décembre 1889 a, en outre, exempté de la taxe d'inhumation les corps exhumés pour être incinérés et exempté de la taxe de transport les corps amenés de l'extérieur à l'appareil crématoire parisien.

Les cercueils en peuplier sont seuls admis pour la crémation, ce bois ne laissant presque pas de résidus et brûlant sans bruit. On ne peut introduire dans les bières au-

cune substance autre que la paille de bois. Les cercueils doivent avoir au plus 2 mètres de long, 0 m. 60 de large, 0 m. 50 de haut.

Les cendres résultant de la crémation des cadavres sont recueillies dans des urnes.

Il est accordé gratuitement pour 5 ans, aux familles qui le demandent, une case dans le *colombarium* de la Ville, pour y déposer l'urne contenant les cendres de la personne incinérée. Les urnes ont 0 m. 48 de long, 0 m. 28 de large et autant de haut.

Dans le *colombarium*, les urnes funéraires sont placées comme des livres dans une bibliothèque et présentent extérieurement, avec leurs inscriptions, l'aspect des « ex-voto » dans les églises.

Un arrêté du 27 juin 1890 autorise, d'autre part, la délivrance de concessions de 1 mètre de terrain dans les cimetières, au lieu des 2 mètres réglementaires, pour y déposer les urnes contenant les cendres.

Voici le statistique du monument crématoire de Paris depuis 1889, date de son ouverture au public :

ANNÉES	TOTAUX	Incinérations demandées par les familles	Incinérations de débris de cadavres d'hôpitaux	Incinérations de bières contenant des embryons
1889	749	49	483	217
1890	3.388	121	2.188	1.079
1891	3.741	134	2.369	1.238
1892	3.974	159	2.389	1.426
1893	3.911	189	2.261	1.461
1894	3.992	216	2.247	1.529
1895	4.180	187	2.482	1.511
1896 (11 mois seulement)	4.075	185	2.412	1.478

C'est évidemment peu encore, sur un total annuel de décès de 50.000 environ pour Paris (1), mais enfin il y a, chaque année, un petit progrès, sauf pour 1895, qui, sans cause apparente, présente une légère décroissance.

Pour l'année 1895, sur les 187 incinérations demandées par les familles, les seules qui soient intéressantes et les seules dont l'augmentation ou la diminution puisse servir à indiquer la marche de l'idée, il est à remarquer que 128 incinérations ont été faites sur des sujets de sexe masculin et 59 seulement sur des sujets féminins.

La durée des opérations a varié, toujours en 1895, de 41 à 66 minutes; la moyenne a été de 58 minutes. 37 incinérations sur 187 ont été gratuites.

Le Conseil municipal de Paris se propose d'élever un second crématoire au cimetière Montparnasse, et d'y établir de vastes *colombaria* ou cinéraires.

« Jusqu'à présent, écrivions-nous en 1890 (2), la crémation n'a réussi à se faire jour, en France, que dans la seule ville de Paris. Mais, en présence des résultats déjà acquis et aussi de l'active propagande de ses partisans, elle s'étendra aux départements.

« Un jour, cependant, viendra peut-être où la crémation, de facultative et rare qu'elle est aujourd'hui, deviendra obligatoire et générale, tout comme l'instruction et le service militaire. »

On parle d'établir un monument crématoire à Rouen (1897).

Il ne faut pas se dissimuler pourtant qu'il faudra un temps considérable pour faire adopter la crémation, qui n'est usitée encore que dans 187 cas contre 54.411 inhumations à Paris (dont 13.666 sans cérémonie religieuse).

En Europe, c'est en Italie que la crémation, qui est au-

(1) Il y a eu à Paris, en 1895, exactement 54.266 décès.
(2) *Semaine des Constructeurs*.

torisée depuis 1877, a le plus d'adeptes. Dans les édifices érigés par des sociétés libres ou les municipalités, on y a effectué, en 1888, 1.403 incinérations; pour la seule ville de Milan, on y a incinéré 55 cadavres en 1887, 76 en

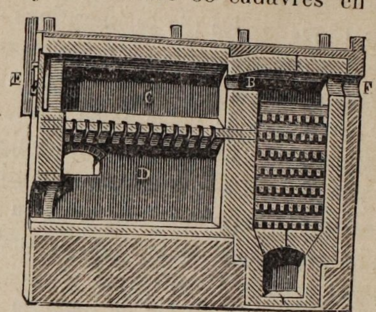


Fig. 59. — Appareil Siemens. — Coupe, côté gauche.

1888, 87 en 1889. Dans certaines villes d'Italie, on emploie un appareil crématoire mobile, que l'on conduit dans les

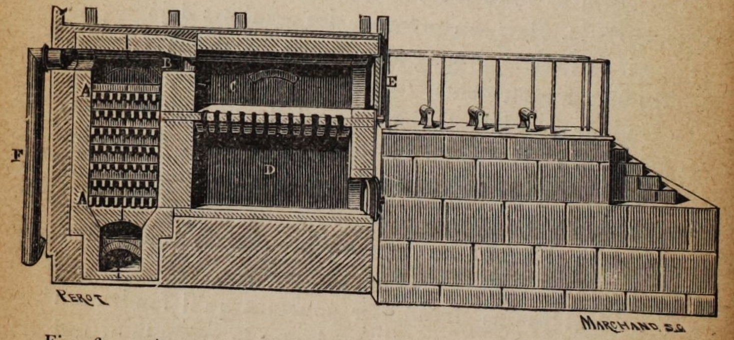


Fig. 60. — Appareil Siemens — coupe, côté droit. — *A*. Régénérateur ; *B*. Canal horizontal pour le passage du gaz ; *C*. Chambre de calcination et de combustion ; *D*. Cendrier ; *E*. Porte en fer ; *F*. Canal.

localités voisines pour éviter le transport des cadavres. Plusieurs prêtres catholiques n'ont pas hésité à réclamer l'incinération.

En Allemagne, à Gotha, le nombre des incinérations, à l'aide de l'appareil à air chaud Siemens (fig. 59 et 60), s'élevait à la fin de 1890 à 831, dont 128 en 1889 (1). A Hambourg, un monument crématoire a été inauguré, en octobre 1890.

En Angleterre, le crématoire de Woking, près de Londres, a effectué 100 opérations en 1889 contre 46 en 1886.

En Suède, on a accompli en avril 1890 la centième incinération, dans le crématoire de Stockholm.

En Suisse, à Zurich, un petit four crématoire, très bien conditionné, a effectué 53 incinérations pendant l'exercice 1889-90.

En Hollande, en Autriche, en Danemark, il s'est fondé des sociétés qui luttent pour obtenir la liberté de la crémation.

Aux États-Unis d'Amérique, il existait, en 1891, 22 édifices où l'incinération s'accomplissait. A Buffalo, entre autres, l'opération est bien dissimulée; les adieux se font dans un temple somptueux, à la suite d'une cérémonie mêlée de chants et de musique, selon les volontés de la famille.

C'est au Japon que l'incinération compte le plus de partisans. A Tokio, on a effectué, de 1888 à 1890, en trois ans, 29.013 incinérations.

Dépôts mortuaires. — Les dépôts mortuaires sont des locaux destinés à recevoir les corps des personnes mortes ou présumées mortes, en attendant le moment de l'inhumation.

Les buts que l'on veut atteindre sont les suivants :

« 1° Prévenir les inhumations prématurées dans les cas de *dubiæ mortis*, lorsque les signes de la mort ne sont pas suffisamment certains ;

« 2° Empêcher la propagation de la contagion par les cadavres des individus morts de maladies infectieuses ;

(1) Voy. la description de l'appareil Siemens, par Du Mesnil, *Ann. d'Hyg.*, 1877, tome XLVII, p. 44.

« 3° Éviter la promiscuité des morts avec les vivants dans les logements trop exigus des classes pauvres;

« 4° Permettre la désinfection des vêtements et objets de literie des décédés contagieux (1). »

Le premier dépôt mortuaire fut établi à Weimar (fig. 61) en 1791, et plus tard il en fut créé dans les principales villes d'Europe, notamment à Mayence en 1803, à Cologne, Londres, Bruxelles (fig. 62), Stockholm, Munich, Ulm, Berlin, Carlsruhe, Stuttgartt, Vienne (Autriche), etc. (2).

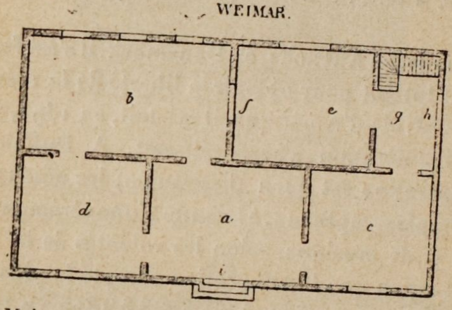


Fig. 61. — Maison mortuaire à Weimar : *a*. Antichambre ; *b*. Chambre mortuaire ; *c*. Chambre d'autopsies ; *d*. Magasin ; *e*. Chambre des gardiens ; *f*. Fenêtre à châssis fixe ; *g*. Antichambre des gardiens ; *h*. Entrée des gardiens ; *i*. Entrée principale.

En 1879, le docteur O. du Mesnil en réclama l'établissement en France (3).

Le Conseil municipal de Paris vota, en 1883, la création d'un premier dépôt mortuaire, mais, par suite de désaccords avec l'administration, la question fut ajournée.

La loi du 15 novembre 1887 établit la liberté des funérailles. Le décret du 27 avril 1889 autorisa l'établissement

(1) Georges Jourdan, *Etudes d'hygiène publique*.

(2) Belval, *Des maisons mortuaires* (*Ann. d'Hyg.*, 1877, tome XLVIII, p. 193, avec fig.)

(3) Du Mesnil, *De la création des Maisons ou dépôts mortuaires de Paris* (*Ann. d'Hyg*, 1879, 3ᵉ série, tome II, p. 515).

de *chambres funéraires* pour les corps des personnes dont le décès n'a pas été causé par une maladie contagieuse et autorisa la mise en bière immédiate et l'inhumation d'ur-

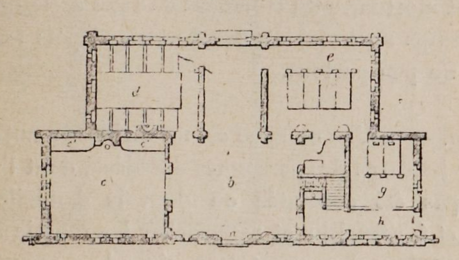


Fig. 62. — Projet de maison mortuaire à Schaerbeek (Bruxelles) : *a*. Entrée ; *b*. Vestibule ; *c*. Salle de secours ; *c'c'*. Pharmacie ; *d*. Salle des morts apparentes ; *e*. Salle des morts réelles ; *f*. Dépôt de cercueils ; *g*. Morgue ; *h*. Public.

gence des individus morts d'une maladie épidémique ou contagieuse. Peu de temps après, le Conseil municipal de Paris votait, à titre d'essai, la création de deux dépôts mortuaires, dans les cimetières du Nord et de l'Est, pour recevoir les corps des individus morts de maladies non contagieuses et qu'on ne peut, sans inconvénient, conserver à domicile. L'arrêté du 28 juillet 1890 confirma ce vote et le premier dépôt mortuaire, celui du cimetière du Nord (Montmartre), fut inauguré le 15 décembre 1890 (fig. 63).

Ce dépôt mortuaire comprend 6 pièces. L'une sert de salle d'exposition pour les corps au moment du départ du convoi. Les cinq autres renferment un lit en fer, garni d'un matelas recouvert d'une toile blanche caoutchoutée servant de drap, une chaise et une petite table. Le corps déposé sur le lit est couvert d'une toile moleskinée en blanc. Les murs des chambres sont peints à l'huile, le parquet est en

mosaïque, et l'aération et la ventilation sont assurées au moyen de fenêtres avec vasistas et d'une ouverture correspondant à un ventilateur placé dans le haut du couloir central (1).

Le dépôt mortuaire du cimetière de l'Est a été inauguré quelque temps après (2) et ce genre de dépôts tend à se propager un peu partout.

Morgue. — « Une morgue est un établissement destiné à recevoir les corps des personnes décédées, dont l'identité n'aurait pas été constatée ou dont le domicile serait inconnu, et à recueillir et rapprocher les renseignements de toute nature qui peuvent déterminer la reconnaissance de ces corps. Une morgue reçoit également les corps qui doivent faire l'objet d'une expertise médico-légale (3). »

Le morgue de Paris est située à l'angle de la Cité, derrière l'Église Notre-Dame. Elle a été construite sous la direction de M. Gilbert, architecte ; elle a commencé à recevoir des corps en 1864 (4). Le plan ci-joint en donne la disposition générale (fig. 64).

Elle est dans le ressort de la Préfecture de police.

Elle est pourvue d'appareils frigorifiques du système Giffard et Berger, dans lequel la matière utilisée est l'air atmosphérique ; il n'y a pas de liquide par conséquent, pas d'attaque possible des métaux formant paroi, pas de dépense pour le renouvellement des liquides (5).

(1) Du Mesnil, *le Dépôt mortuaire du cimetière du Nord à Paris* (*Ann. d'Hyg.*, 1891, tome XXV, p. 137).

(2) Du Mesnil, *le Dépôt mortuaire de la rue du Repos* (*Ann. d'Hyg.*, 1892, tome XXVIII, p. 77).

(3) *Annuaire statistique de la Ville de Paris.*

(4) Devergie, *la Morgue de Paris, sa description, son service, son système hygiénique* (*Ann. d'Hyg.*, 1878, tome XLIX, p. 49).

(5) Brouardel, *Installation d'appareil frigorifique à la Morgue* (*Ann. d'Hyg.*, 1880, 3 série, tome III, p. 63).

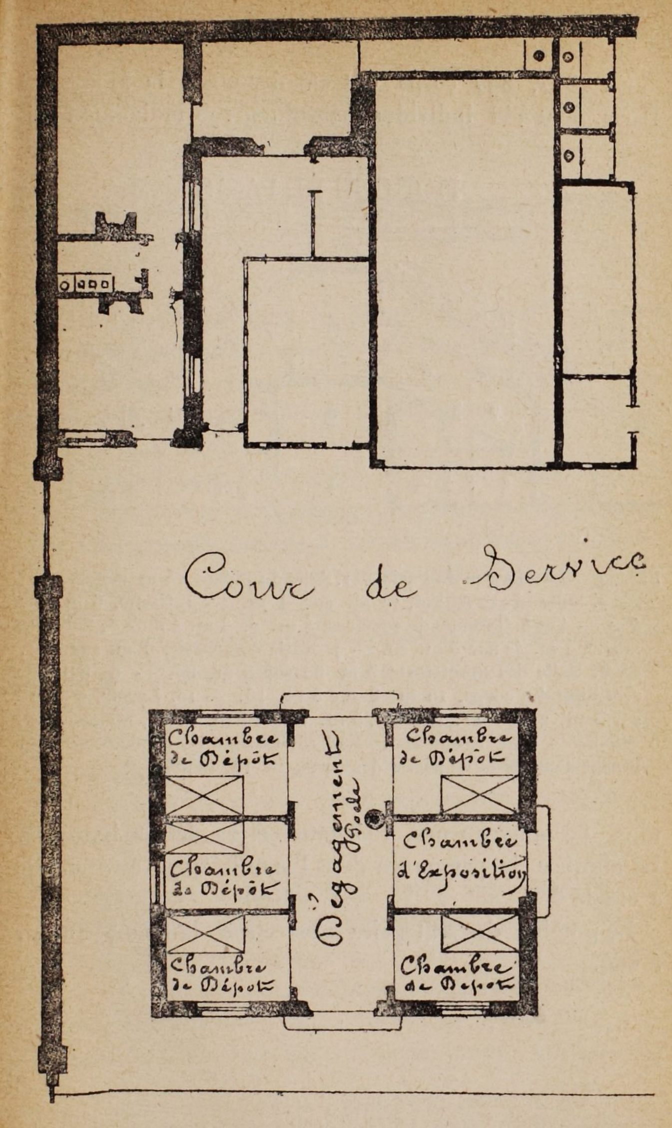


Fig. 63. — Dépôt mortuaire du cimetière du Nord.

En 1894, 895 corps ont été déposés à la Morgue, à Paris, dont 488 individus masculins, 195 individus féminins, 86 nouveau-nés, 104 fœtus et 22 débris humains. Le nombre de personnes dont l'identité a pu être établie a été de 604.

MORGUE DE PARIS

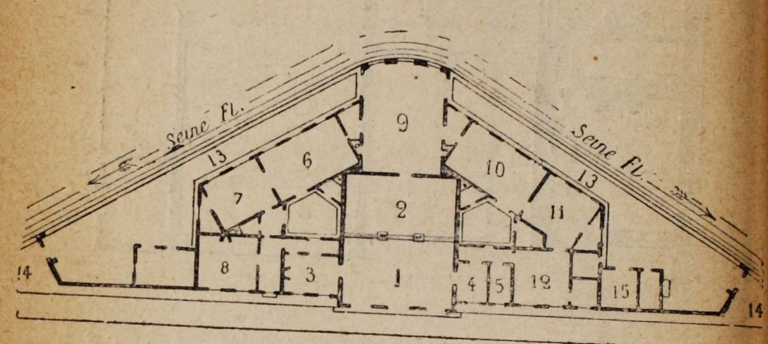


Fig. 64. — La Morgue de Paris. — 1. Salle du public, 12 m. sur 6 m. 80. — 2. Salle d'exposition, 12 m. sur 6 m. — 3. Greffe, 6 m. sur 4 m. — 4 et 5. Garçons de services, 4 m. s. 3 m. 45. — 6. Salle des morts, 9 m. 42 sur 5 m. 20. — 7. Salle d'autopsie, 6 m. sur 5 m. — 8. Salle des magistrats, 5 m. 50 sur 5 m. 85. — 9. Salle de réception des corps, 10 m. 8 sur 5 m. 16. — 10. Lavoir, 9 m. 16 sur 5 m. 20. — 11. Séchoir, 5 m. 10 sur 5 m. — 12. Magasin aux vêtements, 5 m. 10 sur 5 m. — 13, 13. Chemin de ronde. — 14, 14. Portes d'entrée et de sortie des corps. — 15. Écurie.

Le nombre des autopsies s'est élevé, la même année, à 294.

CHAPITRE VIII

ALIMENTATION D'EAU ET ASSAINISSEMENT DES VILLES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Nous donnons, dans les pages qui suivent, un grand nombre d'exemples montrant les divers systèmes d'alimentation d'eau, d'évacuation des matières usées et d'assainissement de certaines villes de la France et des pays étrangers.

Nous avons surtout cherché, dans ces résumés, à prendre des exemples caractéristiques de bonne ou de mauvaise hygiène, afin qu'on puisse se rendre compte immédiatement des défauts ou des qualités des systèmes appliqués.

Nous ne nous sommes pas bornés aux grandes villes et avons plutôt même cherché à exposer les moyens utilisés dans les cités secondaires pour s'alimenter et s'assainir, car ce sont là évidemment les cas les plus nombreux.

Nous aurions pu multiplier davantage ces exemples, mais d'abord il fallait nous borner et d'ailleurs nos exemples suffisent à peu près pour représenter les principaux cas qui peuvent se produire.

Programme d'instruction pour les projets d'alimentation des villes ou communes. — Le Comité consultatif d'hygiène publique de France, frappé de l'insuffisance des renseignements contenus dans les divers dossiers de projets d'amenée d'eau, a décidé, le 30 mai 1892, sur le rapport du Dr G. Pouchet (1), d'envoyer aux municipalités

(1) Pouchet, *Eaux potables : projet d'alimentation des villes ou communes*. (*Ann. d'Hyg.*, tome XXVIII, 1892, p. 81, et *Recueil du comité consultatif d'Hyg.*, 1893, tome XXII, p. 142).

le questionnaire suivant que nous croyons devoir reproduire, car il contient l'énumération de tous les renseignements utiles à l'étude du projet d'alimentation d'eau d'une ville ou d'une commune. Le Ministre de l'intérieur a adressé ce questionnaire aux préfets par une circulaire du 23 juillet 1892.

CHAPITRE Ier. — ÉTAT ACTUEL. — 1. Quel est le chiffre de la population de la commune?

2. Combien y a-t-il eu de décès *par année* dans la commune depuis cinq ans?

3. A quelles espèces de maladies ces décès ont-ils été attribués?

4. Y a-t-il eu des épidémies de fièvre typhoïde, de dyssenterie ou de choléra? A quelle époque et quelle a été la mortalité?

5. Quel est le nombre des habitants que doit desservir la distribution projetée?

6. Comment jusqu'à présent cette partie de la population se procure-t-elle de l'eau?

7. Y a-t-il des puits?

8. Comment sont-ils situés? (Les faire figurer au plan.)

9. Comment s'évacuent les eaux sales? Eaux ménagères, eaux pluviales, eaux résiduaires d'industries.

10. Y a-t-il des égouts? (Les faire figurer au plan.)

11. Y a-t-il des puisards? (Les faire figurer au plan.)

12. Y a-t-il un ruisseau, une mare ou un cours d'eau auquel se rendent les eaux des cours et des maisons? (Les faire figurer au plan.)

13. Y a-t-il des lavoirs? Où et comment sont-ils établis? (Les faire figurer au plan.)

14. Où vont les eaux sales de ces lavoirs?

15. Existe-t-il des fosses d'aisances? Sont-elles étanches?

16. Y en a-t-il dans chaque maison?

17. Comment sont-elles établies?

18. Que deviennent les matières de vidange?

19. Emploie-t-on l'engrais humain pour la culture?

20. Quelle est la nature du sol cultivé et non cultivé de la région?

21. Y a-t-il de grands espaces de terrains non cultivés?

22. Ces grands espaces sont-ils constitués par des bois, des prairies, des marécages ?

CHAP. II. — PROVENANCE DE L'EAU A FOURNIR. — L'eau à fournir proviendra-t-elle de sources, de puits ou de cours d'eau ?

Suivant le cas, il devra être répondu aux questions comprises dans l'une des sections indiquées ci-après.

Section I. Sources. — 1. De quelle sorte de terrain la source émerge-t-elle ?

2. Quelle est la composition géologique du sol qu'elle traverse ?

3. A quelle distance se trouve-t-elle des habitations ?

4. Combien la source débite-t-elle d'eau par minute (ou par vingt-quatre heures) ?

5. A quelle époque de l'année le jaugeage a-t-il été pratiqué ?

6. Comment le jaugeage des eaux a-t-il été pratiqué ?

7. Comment la source sera-t-elle captée ?

8. La source est-elle à un niveau inférieur, égal ou supérieur à celui du point de distribution ?

Section II. Puits et galeries captantes. — 1. Est-il absolument impossible de se procurer de l'eau de source ?

2. Existe-t-il des puits dans le voisinage de l'endroit où sera placé le puits projeté (ou la galerie captante projetée) ?

3. A quelle profondeur les eaux s'y trouvent-elles ?

4. Composition du sol qui recouvre la nappe aquifère. Et notamment le sol est-il imperméable ?

5. Quel peut être le débit du puits (ou de la galerie captante) ?

6. Ce débit est-il constant ou variable ?

7. Sur quelles données reposent les prévisions relatives au débit ?

Section III. Cours d'eau. — 1. Est-il absolument impossible de se procurer de l'eau de source ?

2. Quelle est, à peu près, la longueur du cours d'eau, de son origine jusqu'à la prise d'eau ?

3. Quel est son débit minimum ?

4. Comment ce jaugeage a-t-il été effectué ?

5. Quelle est la nature géologique des terrains sur lesquels coule ce cours d'eau ?

6. En amont de la prise d'eau, le cours d'eau traverse-t-il des villes ou des villages ?

7. Existe-t-il dans le voisinage du cours d'eau des villes, des villages, des grandes agglomérations (casernes, prisons, hôpi-

taux, asiles, etc.) ? Indiquer le chiffre afférent à chaque agglomération ?

8. Existe-t-il dans le voisinage du cours d'eau des établissements industriels ? Indiquer leur nature et leur importance.

9. Quelle sera la quantité d'eau utilisée par jour pour la distribution ?

Chap. III. — Captage et distribution. — 1. Existe-t-il au voisinage du point où les eaux sont recueillies des causes pouvant amener la pollution des eaux (habitations, grandes agglomérations, établissements industriels, lavoirs, dépôts d'engrais, etc.) ?

2. Quelles dispositions seront prises en vue d'éviter la pollution des eaux au point où elles seront recueillies ?

3. Est-il nécessaire d'élever les eaux pour en effectuer la distribution ?

3. Par quel moyen l'élévation des eaux sera-t-elle assurée ?

5. Y aura-t-il un réservoir de distribution ? Où et comment sera-t-il établi ?

6. Quels seront les matériaux utilisés pour la canalisation amenant les eaux à ce réservoir ?

7. Quels seront les matériaux utilisés pour les conduites de distribution ?

8. La distribution est-elle projetée en vue d'un service public et d'un service particulier, ou seulement en vue de l'un ou de l'autre ?

9. Y aura-t-il des fontaines et des bornes-fontaines ? Et combien ?

On adresse, en outre, aux municipalités les instructions ci-après, relatives aux conditions dans lesquelles doivent être effectués les prélèvements des échantillons d'eaux pour l'analyse, et ces instructions sont accompagnées d'un questionnaire spécial relatif aux opérations nécessitées par ces prélèvements et permettant de savoir si toutes les précautions voulues ont été prises.

Procès-verbal de prélèvement des échantillons destinés à l'analyse.

Quelles sont les personnes qui ont procédé au prélèvement des échantillons ?

Température de l'air au moment où ces échantillons ont été prélevés et sur les lieux du prélèvement.

Température de l'eau au moment même du prélèvement des échantillons.

Comment a-t-on procédé au prélèvement des échantillons pour l'analyse chimique ?

Combien de litres d'eau a-t-on prélevé pour cette analyse ?

Comment ont été prélevés les échantillons pour l'analyse bactériologique ?

Comment ont été stérilisés les récipients dans lesquels ont été recueillis les échantillons destinés à l'analyse bactériologique ?

A-t-on eu soin de mettre les échantillons (pour l'analyse bactériologique) dans de la glace et de la sciure immédiatement après le prélèvement ?

Comment l'eau destinée aux analyses a-t-elle été mise à découvert pour ces prélèvements ?

Dans quels instruments a-t-elle été recueillie avant d'en remplir les bouteilles, les flacons et les tubes ?

Avait-il plu dans les journées et les nuits qui ont précédé le moment du prélèvement ?

Comment se trouve situé le point où se sont faits les prélèvements par rapport à l'agglomération que l'eau doit alimenter ? (Préciser ce point sur le plan annexé au dossier et y faire figurer les maisons, fermes, écuries, cours, lavoirs, dépôts de fumiers, etc., en les désignant par des signes facilement reconnaissables.)

Protection des sources d'eaux potables. — Le Comité consultatif d'hygiène publique de France a adopté, dans sa séance du 7 novembre 1892, un intéressant rapport de MM. les Drs J. Bergeron et A.-J. Martin, relatif à la protection des sources servant à l'alimentation (1) ; nous en extrayons les parties qui nous ont paru les plus importantes :

Peu de questions sont plus difficiles à élucider au point de vue juridique que celles qui concernent la propriété des sources, à tel point que la plupart n'ont pas paru pouvoir

(1) *Recueil des travaux du Comité consultatif d'hygiène*, 1892, tome XXII, p. 223.

être fixées par un texte de loi et que beaucoup de jurisconsultes ont pensé que c'est au juge à statuer en fait sur les cas particuliers qui lui sont soumis (1).

Ainsi que le faisait très justement observer M. Jacquot, dans un remarquable rapport (2), toutes les règles qui régissent actuellement la propriété des sources sont renfermées dans les trois articles du Code civil compris entre les numéros 641 et 643.

Comme le voulait déjà le droit romain, la pleine propriété des sources appartient au propriétaire du sol qui peut (art. 641) en user à sa volonté. Ce droit est absolu. Il n'éprouve de restriction que si le propriétaire d'un fonds inférieur a obtenu, par titre ou prescription, un droit de jouissance sur les eaux de la source ou si les habitants d'une commune, d'un village, d'un hameau en tirent l'eau nécessaire à leur alimentation (art. 643).

Art. 643. — Le propriétaire de la source ne peut changer le cours, lorsqu'il fournit aux habitants d'une commune, village ou hameau, l'eau qui leur est nécessaire ; mais si les habitants n'ont pas acquis ou prescrit l'usage, le propriétaire peut réclamer une indemnité, laquelle est réglée par experts.

Dans ce dernier cas, le propriétaire ne peut plus détourner l'eau de la source de son cours naturel, mais il a la faculté de réclamer à la commune une indemnité, si les habitants n'en ont pas acquis ou prescrit l'usage. On entend d'ailleurs par *titre* une convention, un contrat par lequel le maître de la source a consenti l'établissement d'une servitude sur les eaux ; la Cour de cassation considère ainsi comme un titre la distinction du père de famille résultant du rapport de dépendance établi entre deux héritages par le propriétaire commun, de telle sorte qu'il

(1) Cuvinot, *Rapport au Sénat sur le régime des eaux*, 22 décembre 1882.

(2) Jacquot, *Recueil des Travaux du Comité consultatif d'hygiène*, 7 mai 1883.

résulte une servitude continue et apparente sur l'un au profit de l'autre.

Quant à la prescription, elle s'acquiert par une jouissance paisible et ininterrompue de trente années à compter du jour où le propriétaire du fonds inférieur a fait et terminé des ouvrages apparents destinés à faciliter la chute et le cours d'eau dans sa propriété (art. 642) ; d'après la jurisprudence, ces ouvrages doivent avoir été établis par le propriétaire inférieur non pas sur son propre fonds, mais sur celui même où jaillit la source, et le projet de loi, adopté par le Sénat, consacre la même interprétation (1).

De telles dispositions ne pouvaient manquer de donner lieu à de vives discussions, à l'occasion du détournement des sources destinées à l'alimentation publique, surtout lorsque le détournement est opéré par des propriétaires voisins ne fournissant pas l'eau de la source communale. Pour Proudhon et Nadault de Buffon, si le législateur de 1803 a reconnu au propriétaire le droit d'user et d'abuser de la source, il n'a pu le faire au point de lui permettre d'enlever celle-ci à son cours naturel et de la conduire au loin pour le profit d'une collectivité étrangère à la région.

Une telle interprétation n'a pas paru de droit strict à la plupart des jurisconsultes. En fait, on considère toujours le propriétaire du fonds comme propriétaire de la source ; il peut ainsi la vendre, et l'acheteur, qui en devient à son tour maître absolu, peut la détourner sans avoir à se préoccuper des conséquences qui en résulteront pour les propriétaires des fonds inférieurs.

D'après M. Bechmann, tous les arrêts de la Cour de cassation confirment cette manière de voir.

D'autre part, le Sénat, dans son projet de loi, est plus explicite encore que l'article 641 du Code civil, puisqu'il porte que le propriétaire peut « user et disposer » des

(1) Bechmann, *Distribution d'eau, Assainissement.*

sources nées sur son fonds. Il ajoute, il est vrai, la restriction suivante au droit du propriétaire : « dans le cas où les eaux de la source forment à la sortie du fonds où elles surgissent un cours d'eau offrant le caractère d'eaux publiques et courantes, le maître de la source ne peut plus les détourner de leur cours naturel au préjudice des usagers inférieurs. »

Le Sénat s'est ainsi inspiré des dispositions du Code qui concernent les eaux courantes. En effet, lorsque les eaux ruisselant à la surface du sol prennent le caractère d'eaux courantes, et forment un ruisseau qui traverse ou borde un certain nombre de propriétés, elles cessent d'appartenir à un seul et même propriétaire; elles deviennent alors chose commune et tous les riverains peuvent en user. Mais le droit de chacun a pour limite celui de ses voisins et le Code civil oblige le propriétaire dont un cours d'eau traverse l'héritage à rendre les eaux à leur cours ordinaire avant la sortie de son fonds (art. 644). A cette condition il peut les utiliser, s'en servir pour l'irrigation de ses terres, par exemple, ou pour tout autre usage analogue.

Pour en assurer l'observation, l'Administration intervient et réglemente l'usage des eaux courantes; son droit à cet égard est reconnu par le Code civil, qui mentionne (art. 644) les règlements particuliers et locaux et en prescrit l'observation.

C'est cette jurisprudence qui a été adoptée par le Sénat, et qu'il a consacrée en termes parfaitement explicites dans le projet de loi sur le régime des eaux, voté par cette assemblée le 25 octobre 1883.

En résumé, le propriétaire du sol a un droit absolu à la recherche des eaux souterraines dans son fonds. Ce n'est pas autre chose, en effet, qu'une des conséquences du droit de fouille, nettement reconnu par l'article 552 du Code

civil. La propriété de la surface entraîne celle du dessous et le maître d'un héritage peut y faire toutes les fouilles qu'il juge à propos et en tirer tous les produits qu'elles sont susceptibles de fournir (1).

Le fondement de l'article 641 du Code civil, dit David (2), c'est que celui dans le fonds duquel naît une source, qui peut par ses travaux en rendre les veines plus fécondes et parfois les tarir, qui possède le bassin où elle se produit, le terrain qui l'entoure et l'enferme, a sur ces eaux des droits positifs de propriété comme sur une partie inhérente à son héritage, *portio enim agri videtur aqua viva.* Il en est le maître absolu, parce qu'il détient ces eaux presque aussi parfaitement que celui qui a recueilli de l'eau et qui la garde dans un vase.

Et il ajoute :

Les veines de la source sont chez moi et, si cette eau courait à la superficie de mon terrain, je pourrais la retenir et la détourner au préjudice de mon voisin. Je puis l'intercepter au-dessous du sol comme je la retiendrais au-dessus : *paria sunt jura super terram et subtus.*

Ainsi, fait observer M. Cuvinot (3), le propriétaire du sol peut creuser des puits, épuiser les nappes souterraines jusqu'à tarir les puits de ses voisins, sans s'exposer à être recherché utilement par eux. Il peut aussi couper impunément les veines liquides qui passent dans son fonds et qui alimentent une source émergeant dans le terrain d'un propriétaire voisin.

A ce droit absolu, il existe heureusement quelques restrictions.

La première résulte de la nature des choses. Le propriétaire ne peut user de son droit que s'il le fait pour son

(1) Bechmann, *loc. cit.*
(2) David, *Traité des cours d'eaux.*
(3) Cuvinot, *Rapport au Sénat.*

utilité ; il n'en serait pas de même s'il l'exerçait uniquement dans l'intention de nuire à son voisin, et ce dernier aurait alors l'action de dol contre lui, car « on ne doit jamais favoriser la malveillance, ni en supporter les effets », suivant l'expression de Proudhon.

C'est à titre de conséquence de ce droit que la jurisprudence a toujours admis les servitudes rappelées tout à l'heure.

Au point de vue de l'alimentation publique, la restriction n'est pas formelle ; toutefois, l'on pourrait à notre sens arguer en sa faveur de la fin du troisième paragraphe de l'article 552 du Code civil, aux termes duquel les pouvoirs accordés au propriétaire du sol de la source ne vont pas jusqu'à lui permettre de pratiquer toutes constructions et fouilles. « Sauf les modifications résultant des lois et règlements relatifs aux mines et des lois et règlements de police. »

Le rapporteur du Sénat ajoute:

Cette doctrine est celle que soutenait Cancérius. Ce jurisconsulte admettait en effet qu'une source ne devait pas être détournée de son cours naturel lorsqu'elle est le principe et le principal aliment d'un ruisseau public, *si sit principium et caput fluminis*.

Aussi la commission du Sénat est-elle arrivée à la même conclusion :

On invoque presque toujours, en faveur de la jurisprudence actuelle, différents textes tirés du droit romain. Ces textes ne semblent pas très probants et nous croyons qu'on en a exagéré la portée. Ils s'appliquaient sans doute au jugement des contestations entre voisins ; mais leur application ne pouvait évidemment pas s'étendre aux litiges qui naissent tous les jours, dans notre société moderne, par suite des besoins impérieux de l'agriculture et de l'utilisation industrielle des eaux.

On s'attendait, après une telle déduction, à voir le rapporteur du Sénat apporter au droit de propriété des sources des limites compatibles avec les nécessités qu'il rappelle. Il n'en est rien et les soucis de la propriété agricole n'ont pas tardé à dominer devant la haute assemblée. En effet :

L'article 8 du projet de loi n'a pas pour but et ne saurait avoir pour effet de restreindre les droits du propriétaire, tant que celui-ci agit dans les limites de son terrain. Ainsi, les travaux qui auraient pour conséquence indirecte de couper les veines alimentaires d'une source ne seraient pas prohibés, et ne donneraient pas lieu à dommages-intérêts. Le fait, s'il se produit, serait regardé comme la suite d'un acte compatible avec le droit de propriété. Dans notre pensée, le détournement volontaire est seul illicite. Si le propriétaire, se servant des eaux de la source pour l'arrosage, les absorbe en totalité, il agit encore dans la limite de son droit.

De même, s'il forme avec ces eaux un étang, et que cette création ait pour conséquence la suppression totale ou partielle, permanente ou momentanée de l'écoulement vers les terrains inférieurs.

En résumé, le propriétaire d'un terrain dans lequel apparaît une source a un droit, dont la limite nous paraît devoir être fixée par les considérations suivantes : l'eau qui surgit dans sa propriété n'est pas encore une eau courante ; s'il peut la recueillir dans un bassin, dans un étang même, la maintenir à l'état d'eau dormante, il en a la faculté et peut en user pleinement.

Mais s'il ne peut recueillir ou utiliser toute l'eau de la source, si, malgré lui, elle déborde, si elle lui échappe, si, en un mot, elle devient courante, le droit du propriétaire cesse, à ce moment ; l'eau tombe dans le domaine commun.

Cependant quand il s'agit de sources d'une vertu spéciale, l'autorité n'a pas hésité à intervenir.

Une loi spéciale, celle du 14 juillet 1856, relative aux sources d'eaux minérales, a édicté une restriction des droits de fouilles des propriétaires, en créant pour celles de ces sources qui seraient déclarées d'intérêt public un périmètre de protection. Dans l'intérieur du périmètre, déterminé dans chaque cas et modifié, s'il y a lieu, par décret, aucun sondage ou travail souterrain ne peut être entrepris sans autorisation ; les tranchées mêmes pour fondation de bâtiment ou extraction de matériaux peuvent donner lieu à une déclaration préalable. Le préfet du département peut en outre, à la demande du propriétaire de la source, suspendre provisoirement tous travaux souterrains, en dehors du périmètre, s'ils sont de nature à causer une diminution ou une altération de la source, à la condition qu'il soit statué dans le délai de six mois sur l'extension du périmètre.

Si ces dispositions tutélaires étaient étendues à la protection des eaux captées pour l'alimentation des villes, ces eaux pourraient être ainsi mises à l'abri des détournements et des contaminations possibles. La mesure ne serait pas nouvelle : on peut citer d'anciennes ordonnances rendues en faveur de l'alimentation de Paris, de Montpellier, de Rouen. Dernièrement, une loi du 27 juillet 1880, modifiant l'article 50 de la loi de 1810 sur les mines, a stipulé que :

Si les travaux de recherche ou d'exploitation d'une mine sont de nature à compromettre la conservation... des eaux minérales,..... l'usage des sources qui alimentent les villes, villages, hameaux ou établissements publics, il y sera pourvu par le préfet.

Ces cas spéciaux ont été jusqu'ici seuls visés. Chaque fois qu'on s'est occupé de cette question, on n'a pas tardé

à se prononcer en faveur d'une telle disposition, qui constitue une véritable lacune dans notre législation sur le régime des eaux.

C'est ainsi que la Commission supérieure pour l'aménagement et l'utilisation des eaux a, dans sa session de 1878-1879, voté à ce sujet les résolutions suivantes :

En ce qui concerne l'alimentation en eau des communes, les dispositions de la loi du 14 juillet 1856 sur la conservation des eaux minérales, tant au point de vue de la déclaration d'intérêt public qu'en ce qui regarde la création d'un périmètre de protection, doivent être applicables aux sources dérivées par les communes.

Pollution des sources. — La jurisprudence a déclaré que le droit pour le propriétaire d'exécuter dans son fonds tous les travaux qui lui conviennent, même de supprimer sans indemnité les veines d'eau qui alimentent des sources voisines, ne s'étend pas jusqu'à lui permettre de corrompre une des veines d'eau qui s'y trouvent et rendre ainsi impropre à la consommation une source qui, dans un terrain voisin, reçoit cette veine d'eau (C. civ., 544, 552, 641). En agissant ainsi, il occasionne un dommage qu'il est tenu de réparer aux termes de l'article 1382 du Code civil.

Un important jugement, utile à connaître dans l'espèce, a été rendu le 14 juin 1887, par le tribunal de Besançon, dans une instance entre la Société des salines et mines de sel gemme de Châtillon-le-Duc et les habitants de la commune de Geneuille. En voici les dispositifs :

Attendu qu'en 1877 fut constatée que l'eau de la fontaine de la commune de Geneuille, fournie par les ruisseaux de Jonchet, était devenue salée à un point tel qu'elle était absolument impropre à tous les usages domestiques, que la même altération fut signalée dans les eaux du ruisseau du Jonchet, dont le fond et les rives avaient perdu toute végétation, que c'est dans ces

circonstances que l'autorité municipale dut fermer l'aqueduc existant et qu'en 1883 une nouvelle source fut amenée et distribuée dans l'intérieur moyennant une dépense de 33.000 francs ;

Attendu qu'il résulte du rapport des experts que l'eau de la source du Jonchet tient effectivement du sel dans une proportion qui varie de 8 à 14 grammes par litre, suivant les périodes de pluie ou de sécheresse ;

Attendu que les experts n'hésitent pas à attribuer cette salure au forage d'un puits de sondage que la Société des salines de Châtillon-le-Duc a fait pratiquer à une assez faible distance de la source du Jonchet ; qu'en effet ce puits, commencé au mois d'avril 1874 à la profondeur de 38 m. 50, a rencontré une nappe d'eau qui, d'après la configuration du sol et sa constitution géologique, contribue certainement pour partie à la formation de de la source du Jonchet et qu'à une profondeur de 107 mètres le puits de sondage a rencontré le banc de sel gemme qui s'est trouvé ainsi en communication avec la nappe d'eau supérieure; que tant que la saline n'a pas été mise en exploitation, les eaux chargées de sel se sont maintenues par la densité dans les régions inférieures des puits; mais qu'à partir de 1877, la mise en marche des pompes de la saline a déterminé un courant ascensionnel des eaux profondes et saturées, qui se sont alors mélangées aux eaux courantes de la nappe supérieure et les ont viciées jusqu'à leur sortie de terre à la source de Jonchet ; que cette communication intérieure du puits de sondage est manifestement prouvée par des expériences auxquelles se sont livrés les experts ;

Attendu que si, aux termes de l'article 552 du Code civil, la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous, ce principe, absolu en apparence, a été tempéré par le législateur lui-même, que l'article 640 du Code civil assujettit les fonds inférieurs à recevoir les eaux qui découlent naturellement de ceux qui sont plus élevés, mais qu'en même temps il interdit aux propriétaires supérieurs de faire rien qui aggrave la servitude du fonds inférieur : que cet article ne distingue pas entre les eaux souterraines et celles coulant à la surface du sol; qu'en tout cas la règle équitable de l'article 1382 du Code civil, obligeant tout auteur d'un fait préjudiciable à le réparer, devrait recevoir son application dans l'espèce; que l'on ne peut objecter l'article 641 du Code civil, qui donne à celui qui a une source dans son fonds le droit d'en user à sa volonté ; qu'en effet ce

droit d'user ne doit pas être confondu avec le fait reproché à la Société défenderesse, qui, dans le bas-fonds de son terrain, dénature et corrompt les eaux pour en abandonner une grande partie à leur cours ordinaire qui les porte chez le propriétaire voisin où elles exercent une action nuisible ; que rien, ni dans la loi du 17 février 1840 sur les mines de sel, ni dans la loi du 21 avril 1810 sur les mines en général, ne confère aux propriétaires des mines un droit aussi exorbitant que celui d'altérer et de corrompre les sources voisines par voie de communications souterraines.

La Société des salines et mines de sel gemme de Châtillon-le-Duc en appela, et la Cour de Besançon statua le 6 mars 1888 dans les termes ci-après :

La Cour :

Adoptant, en fait, les motifs des premiers juges, sauf en ce qui concerne l'interprétation donnée à l'article 640 du Code civil, qui ne trouve pas d'application dans le procès, la commune ne se plaignant pas d'une aggravation de servitudes, mais uniquement du tort qui lui est occasionné par le fait de la Société des Salines de Châtillon ;

Attendu au surplus que si le puits de sondage est foré sur une propriété particulière de la Société et si le propriétaire peut faire dans son fonds tous les travaux qu'il lui convient et supprimer même sans indemnité les veines d'eaux qui s'y trouvent et qui alimentent des sources voisines, il ne peut, en corrompant une de ces veines, l'envoyer dans une source appartenant à autrui et alimentée par d'autres nappes et en altérer ainsi la qualité et la rendre impropre à la consommation ; qu'en le faisant, il occasionne un dommage qu'il est tenu de réparer, aux termes de l'article 1382 du Code civil ;

Sur le chiffre des dommages-intérêts, accorde 8.000 francs à la commune.

La doctrine de cet arrêt est tout particulièrement intéressante, car les tribunaux n'ont jamais été aussi précis contre les pollutions des eaux d'une source par un voisin, lorsque cette pollution leur paraît dépasser les limites des sujétions du voisinage.

Voici un dernier arrêt de la Cour de cassation, du 5 décembre 1887, qui condamne la pollution des eaux par des matières déposées sur le sol.

Attendu que le droit commun, en ce qui concerne les riverains des cours d'eaux, les autorise à user des eaux à leur passage et interdit aux tiers de les corrompre par le déversement d'eaux souillées par le mélange de produits industriels ou de sels minéraux;

Attendu, par suite, que l'arrêt attaqué a pu imposer à la Société demanderesse en cassation la réparation du préjudice causé par son fait à tous les riverains sans distinction entre ceux placés dans le périmètre de la concession ou en dehors;

Attendu que si les propriétaires des terrains inférieurs et les riverains des ruisseaux doivent supporter l'écoulement naturel des eaux de pluie tombées sur un terrain supérieur, propriété de la société, ils ne sont pas tenus de subir sans indemnité cette servitude légale, lorsqu'elle est aggravée par le dépôt artificiel sur le terrain de minerais apportés ou accumulés qui vicient les eaux de pluie; que l'article 640 leur assure en ce cas la réparation du préjudice causé par le fait du propriétaire supérieur(1).

Toutefois, malgré ces arrêts et leur précision, le Comité consultatif d'hygiène a pensé que la future loi sur la protection de la santé publique devait spécifier formellement la pollution des eaux d'alimentation parmi les causes d'insalubrité qu'elle doit empêcher. L'article 6 du projet adopté par le Comité s'exprime à ce sujet dans les termes suivants :

Art. 6. — Quiconque, par négligence ou incurie, dégradera des ouvrages publics ou communaux destinés à recevoir ou à conduire des eaux d'alimentation, quiconque, par négligence ou incurie, laissera introduire des matières excrémentitielles ou toute autre matière susceptible de nuire à la salubrité publique dans l'eau des sources, des fontaines, des puits, des citernes, des conduites, des aqueducs, des réservoirs d'eau servant

(1) Société nouvelle des houillères et fonderies de l'Aveyron contre Buisson et consorts.

à l'alimentation publique sera puni des peines portées aux articles 479 et 480 du Code pénal.

Tout acte volontaire de même nature sera puni des peines de l'article 257 du Code pénal.

FRANCE

Paris. — Voir, pour l'alimentation en eau, page 91 ; pour l'assainissement et l'utilisation des eaux d'égout, page 137 ; pour les ordures ménagères, page 11, et pour les égouts, tome II (*la Maison salubre*).

Roubaix et Tourcoing (Nord). — MM. A. et P. Buisine ont résumé, en 1892, les résultats obtenus à l'usine de Grimonpont pour l'épuration des eaux de l'Espierre, qui reçoit l'eau des égouts de Roubaix et de Tourcoing, et est, par suite, noire, boueuse et fétide. Elle renferme jusqu'à 10 kilog. de résidu sec par mètre cube.

Le procédé par la chaux éteinte n'épure l'eau que très imparfaitement, car elle se putréfie ensuite assez rapidement ; il ne permet de tirer aucun parti des résidus.

Le sulfate ferrique, au contraire, précipite toutes les matières en suspension, et l'eau, décantée, quitte les bassins claire et imputrescible. Desséchées, les boues précipitées présentent l'avantage d'être utilisables. Voici leur composition, après dessiccation sur le sol :

Eau	20,90
Résidu minéral	30,63
Matières grasses	30,00
Matières organiques azotées	18,47
Total	100,00

Le traitement par le sulfure de carbone isole la matière grasse, qui, épurée par une distillation dans la vapeur surchauffée, peut servir en stéarinerie, en savonnerie et pour les huiles de graissage. Il reste en outre une pou-

drette azotée à 3 pour 100, utilisable en agriculture. Il n'a jamais fallu plus de 1 kilog. de sulfate ferrique pour épurer un mètre cube d'eau.

Nancy (Meurthe-et-Moselle). — La ville de Nancy est alimentée par 250 litres d'eau de la Moselle par jour et par habitant et par 30 litres seulement d'eau de source.

Les eaux de la Moselle, quoique filtrées dans des alluvions naturelles avant d'être envoyées dans la ville par une machine élévatoire, sont suspectes.

La grande mortalité de la ville, et surtout celle par la fièvre typhoïde (qui a causé 54 décès par an en moyenne), a provoqué l'étude d'un projet d'assainissement.

On a décidé, en 1895, de supprimer quelques *bouges* malsains et de refaire la plupart des conduites, dont certaines dataient du siècle dernier.

Aux deux sources de Pixérécourt et d'Houdemont, qu'on a décidé d'acquérir, on pourra ajouter plus tard plusieurs groupes de sources situées à Bouxières-aux-Dames, à la Bonne-Fontaine, etc., qui donneront en tout 95 litres par seconde.

Reims (Marne). — La ville de Reims, dès 1869, se préoccupait de l'épuration de ses eaux d'égout. Après des essais pratiqués avec les procédés d'épuration mécaniques, chimiques et agricoles, elle a adopté, en 1888, l'épuration par l'irrigation de terrains crayeux.

Depuis 1890, Reims épure ainsi la totalité de ses eaux d'égout.

L'opération a lieu sur 588 hectares. Un égout transversal supérieur verse une partie des eaux sur les terrains par simple gravitation, et un égout collecteur inférieur reçoit le restant des eaux qui est élevé, au moyen de machines, et refoulé sur les terrains.

La principale culture (267 hectares en 1893) est celle des betteraves. Les rendements ont atteint 60.000 kilogr. par hectare, et l'eau épurée, recueillie par un grand fossé, est parfaitement limpide. Les visiteurs ne manquent jamais de la déguster, dit M. Félix Langlet, directeur de la voirie rhémoise.

Le volume d'eau épurée en 1893 a été de 16.340.000 mètres cubes. Il a donc été envoyé en moyenne un peu plus de 27.000 mètres cubes environ par hectare et par an.

Beauvais (Oise). — Beauvais a décidé, en 1893, de capter les sources de Friancourt pour parer à l'insuffisance de l'alimentation d'eau de ses 17.000 et quelques habitants, parmi lesquels la mortalité a atteint 25,31 décès pour 1.000 habitants.

La principale cause d'insalubrité réside dans l'insuffisance des moyens d'évacuation des matières usées qui sont envoyées au Thérain; les infiltrations sont telles qu'on a dit que Beauvais « vit sur son fumier ».

Jusqu'en 1880, c'est cette eau polluée du Thérain, qui, avec celle des puits, alimentait la ville; en 1880, on a réalisé l'adduction d'eaux prises dans la nappe inférieure de la vallée du même cours d'eau, ce qui a pu fournir en tout près de 100 litres par jour à chaque habitant. Inutile d'insister sur la qualité déplorable de cette eau.

Le ruisseau de Friancourt sort des flancs de la falaise du pays de Bray, à 12 kilomètres au sud-ouest de Beauvais.

Les sources sont au nombre de 26, échelonnées sur une distance de moins de 500 mètres; elles ont une température constante de 11 degrés 2. On a décidé de capter ces sources en 1893, pour ajouter plus de 3.000 mètres cubes d'eau excellente à l'alimentation de Beauvais. L'émergence est à la cote 113, soit à 45 mètres au-dessus du sol de la

ville; l'eau peut par suite être emmagasinée dans un réservoir assez élevé pour être distribuée dans tous les quartiers sans le secours d'aucune machine élévatoire.

Fougères (Ille-et-Vilaine). — Les trois conduites amenant l'eau à Fougères avaient, en 1894, un débit qui, de 7 à 800 mètres cubes en temps pluvieux, est descendu à 250 en temps sec, ce qui correspond à 14 ou 16 litres par jour et par habitant. Ces eaux proviennent du vallon de Grolay, de la ferme de Folleville et des Fontaines.

Cette dernière provenance est mauvaise, les deux autres sont satisfaisantes, mais leur insuffisance quantitative a provoqué l'adoption, en 1894, d'un projet consistant à recueillir, par des galeries de captage de grande longueur (3.000 mètres), les infiltrations souterraines, qui, dans les terrains granitiques du nord-est de Fougères, près des sources de la Forêt, descendent des flancs vers le thalweg de la vallée et qui glissent à la surface du granit compact, à une profondeur de 4 à 6 mètres. On peut ainsi compter sur 1.200 à 1.500 mètres cubes d'eaux excellentes.

Le point le plus bas, à l'extrémité du vallon de Malhère, est à la cote 129 ; le point d'arrivée à Fougères, au réservoir, est à la cote 43,50, altitude suffisante pour la distribution en ville.

Les aqueducs sont formés de piédroits en pierre sèche de 0 m.25 d'épaisseur ; la section libre est de 0 m.30 sur 0 m.60 de hauteur ; ils sont couverts d'une dalle de 0 m. 60 de large, le tout enduit d'une chape en ciment. Les captages sont suivis d'une conduite en fonte de 30 et 35 centimètres de diamètre et de 1.262 mètres de longueur, d'un passage en tunnel de 700 mètres, enfin d'une nouvelle conduite en fonte de 2.163 mètres, aboutissant à un réservoir de 2.300 mètres cubes.

Il y a en ville 45 bornes-fontaines.

Sablé (Sarthe).— La ville de Sablé ne disposant, pour ses 6.000 habitants, que des eaux de puits plus ou moins contaminées par les infiltrations, a décidé, en 1894, d'élever l'eau de la Sarthe, préalablement filtrée, après s'être rendu compte de l'impossibilité de se procurer, dans des conditions pratiquement acceptables, des eaux de source en quantité suffisante.

L'eau de la Sarthe, prise sur la rive gauche par une dérivation en amont de la ville et de tout débouché d'égout, arrive par une conduite sous pression posée en tranchées jusqu'à l'usine élévatoire.

Elle est déversée alors dans un bassin de filtration de 600 mètres carrés et 1 m.565 de profondeur utile, comprenant 0 m. 165 de briques posées sur champ, puis à plat, puis au-dessus 0 m. 90 comprenant trois couches superposées de 0 m. 30 à 0 m. 60 chacune, de gros gravier, de de sable, enfin, 0 m. 50 pour l'épaisseur de la nappe d'eau à gravier fin et filtrer. L'eau clarifiée, reprise par une pompe, est refoulée dans la canalisation.

Il y a 1.500 mètres cubes à filtrer en 24 heures; on avait prévu tout d'abord une vitesse de filtration de 123 litres par mètre carré de filtre et par heure, mais, vu que l'eau de la Sarthe peut renfermer plus de 22.000 germes par centimètre cube (parmi lesquels le coli-bacille et des germes putrides), le Comité consultatif d'hygiène de France, sur le rapport du Dr G. Pouchet, a imposé la réduction à 60 litres au maximum, par heure et par mètre carré, de substance filtrante, la quantité d'eau à filtrer.

Il y a deux bassins de filtration, afin que l'un puisse toujours fonctionner lorsqu'on répare ou nettoie l'autre. Le nettoyage s'effectue, non par simple renversement du courant d'eau, mais par l'enlèvement, à intervalles convenables, de la tranche supérieure de la couche de sable fin.

Trouville (Calvados). — A la suite de l'épidémie de 1890, la municipalité de Trouville a élaboré un projet d'assainissement pour parer à l'insuffisance de l'eau de source captée à Saint-Pierre-Azif, au mauvais état de la canalisation, aux nombreux puits souillés, à la malpropreté de la rue et au mauvais régime des vidanges.

Le système proposé en 1892 était le système aspirateur Liernur, exploité par la Société générale d'assainissement, présentant une grande économie, parce qu'il emploie l'air et non l'eau pour chasser les matières.

Voici d'ailleurs l'esquisse des dispositions adoptées d'après le beau rapport du Dr Léon Thoinot (1) :

« Les eaux pluviales continueront à s'écouler par les égouts existants.

« Les immondices seront déposées dans des boîtes et versées chaque matin dans le tombereau des entrepreneurs de l'enlèvement des boues.

« Les eaux ménagères, l'urine et les matières fécales seront réunies ensemble et seules enlevées au moyen du système aspirateur.

« Les cabinets et éviers de toutes les maisons sont donc reliés seul au système aspirateur.

« Les cabinets existants peuvent tous servir et même les water-closets, encore que la Société d'assainissement n'ait que peu de penchant pour ce mode d'installation.

« Elle donne la préférence à ce qu'elle appelle la cuvette profonde et à paroi verticale. Dans cette cuvette, la paroi postérieure, portée loin de la ligne de projection, ne risque pas d'être souillée, les matières tombant immédiatement ; il n'y a besoin d aucun lavage.

« La cuvette profonde aurait en outre l'avantage qu'une

(1) Thoinot, *Recueil des travaux du Comité consultatif d'hygiène de France* (1892, t. XXII).

fois les matières arrivées à leur niveau constant dans le siphon, elles sont éloignées de la vue, tandis que, dans les cuvettes plates ordinaires, on aperçoit les matières de près. Enfin, la cuvette profonde serait, en raison même de cette profondeur, absolument inodore.

« Un siphon ordinaire d'obturation, le même qui est employé aux water-closets ordinaires, fait suite à la cuvette et est muni à sa partie supérieure d'un regard pour porter remède aux engorgements produits par les abus. Il rejoint le tuyau de chute au moyen d'une pièce de raccordement.

« Tel est le cabinet idéal pour la Société d'assainissement, mais tout autre, nous l'avons dit, peut être aménagé. A la cuvette fait suite un siphon obturateur ; ce siphon se vide par débordement dans un tuyau de chute, qui conduit les matières au système de canalisation aspiratrice. Le tuyau de chute s'élève dans toute la hauteur de la maison et prend l'air au-dessus de celle-ci.

« Les eaux ménagères arrivent par de petites tubulures placées sur la cuvette ou sur le siphon — suivant les dispositions locales de l'immeuble — dans les conduites du sous-sol.

« Les tuyaux de chute sont raccordés par des embranchements à la conduite aspirante de la rue, et le raccord se fait directement : ni mécanismes, ni clapets, ni valves.

« Pour éviter les désagréments que les abus de certains habitants pourraient produire dans le réseau, chaque raccordement est muni d'une boîte hermétiquement close et ne pouvant dégager aucune odeur. Cette boîte contient une grille spéciale destinée à recevoir tous les corps durs qui pourraient être jetés.

« Les conduites aspirantes des rues se réunissent entre elles par districts et ainsi se forment onze canalisations secondaires aboutissant au collecteur.

« Les districts sont complètement indépendants l'un de l'autre au point de vue de la canalisation, ce qui permet d'établir la communication séparée de chacun des districts avec le collecteur au moment voulu.

« Il est à remarquer encore que la jonction de chaque district sur le collecteur n'est pas formée par un seul robinet. On a prévu plusieurs robinets, qui subdivisent chaque district en deux ou plusieurs parties, suivant l'étendue du réseau aspirateur.

« Le collecteur, ou conduite principale, règne depuis la plage jusqu'à l'usine d'aspiration et de réception sur une longueur de 1.765 mètres.

« Il est d'un diamètre de 0 m. 30 sur 1.062 mètres, de l'usine à la rue Biais, et d'un diamètre de 0 m. 20 sur 703 mètres, de sa naissance à la rue Biais.

« Les conduites des rues ont 0 m. 150 ou 0 m. 125.

« Les conduites de la maison à la rue ont 0 m. 10.

« Voici maintenant l'idée générale du fonctionnement du système de la maison à l'usine.

« La pompe à vide fonctionnant à l'usine, l'air est raréfié jusqu'à l'autre extrémité de la conduite, et quelques secondes suffisent pour obtenir le vide.

« Le vide une fois obtenu, on n'a qu'à ouvrir un robinet de district pour faire aussitôt la dépression dans celui-ci.

« L'air atmosphérique attiré par l'aspiration pénètre par les tuyaux de chute aboutissant au-dessus des toits des maisons et chasse devant lui avec force les matières dans les conduites aspirantes du district et de là dans le collecteur.

« Un petit nombre d'agents munis de clefs font le service des districts, en ouvrant les robinets qui raccordent ceux-ci au collecteur : l'opération de vidange de tout le réseau durera, d'après les prévisions, quatre heures au maximum.

« L'opération peut donc et doit en fait être renouvelée plusieurs fois par jour.

« L'usine, dite usine intérieure, est située sur le bord de la Touques, en amont du pont de la Touques.

« Le collecteur en arrivant à l'usine débouche dans deux récepteurs dont il est isolé par des robinets.

« On fait le vide en quelques minutes dans l'un de ces récepteurs et on le met en communication avec le collecteur, lequel lui amène aussitôt les matières qu'il détient.

« Quand ce récepteur est suffisamment rempli, on ouvre un autre robinet et il se vide en cinq minutes environ dans un réservoir placé plus bas que lui (réservoir inférieur).

« Pendant que le premier récepteur s'emplit, la machine fait le vide dans l'autre récepteur qui est prêt à prendre son service et à effectuer les mêmes opérations quand le premier finit le sien.

« L'air impur qui provient de l'échappement des pompes à vide, c'est-à-dire du réseau de la canalisation, ainsi que celui qui s'échappe du réservoir inférieur est conduit soigneusement au foyer des générateurs, où il est brûlé et rendu inoffensif.

« Du réservoir inférieur les matières sont aspirées par la pompe refoulante et envoyées à la campagne à une altitude d'environ 50 mètres dans un réservoir dit extérieur.

« *Traitement des matières.* — L'emploi de la matière presque liquide évacuée du réseau de la canalisation se fera, dit le projet, à l'état frais pour l'agriculture environnante.

« La prise de cet engrais liquide s'opérera en trois endroits au choix de l'acheteur : 1° à l'usine ; 2° à un robinet débiteur ; 3° au réservoir extérieur, c'est-à-dire à cette usine située dans la campagne où sont en dernier lieu refoulées les matières en provenance de la canalisation.

« Tout ce qui n'aura pas été pris aux robinets de l'usine intérieure sera envoyé à l'usine extérieure ; ce réservoir

est recouvert de terre ; l'air s'en échappe par quelques tuyaux où se fait une filtration.

« Ce réservoir est muni de tuyaux avec robinets pour la sortie des liquides sur les champs ; c'est là que se font les engrais sous forme de compost. On tasse le mélange des liquides et des terres dans des fosses de peu de profondeur en en formant des monceaux de 1 m. à 1 m. 50 de haut au plus. Sur la surface, on répand quelques poignées de sulfate de fer et on recouvre le tout d'une couche de terre battue, avec une pente suffisante pour permettre l'écoulement des eaux pluviales.

« L'odeur de l'engrais ainsi obtenu est pratiquement nulle et l'innocuité des matières par ce procédé sera, dit le projet, si complète que les yeux seuls pourront reconnaître l'industrie qu'on exerce. »

Voici maintenant les critiques du Dr Léon Thoinot, et les conclusions adoptées par le Comité consultatif d'hygiène le 6 décembre 1892 :

« Le système Liernur est essentiellement limitatif d'eau : il fonctionne d'autant mieux en règle que les tuyaux reçoivent moins d'eau : de là le modèle de cabinet sans eau proposé par la Société.

« A Trouville, l'eau de nettoyage des rues, l'eau des services publics ne pénétrera pas dans la canalisation Liernur ; la quantité de cette eau est donc illimitée.

« Mais il n'en est pas de même de l'eau ménagère : celle-ci, du jour où le système Liernur serait adopté et établi, se trouverait fixée à un taux immuable. Ce taux, on peut rapidement le calculer.

« La capacité totale du réseau projeté est de 336 mètres cubes. La population maxima de Trouville — celle sur laquelle tout calcul doit être établi — la population de saison, est de 25.000 habitants.

« La vidange du réseau pouvant se faire, sinon quatre,

comme l'admettent les auteurs du projet, au moins trois fois par jour, on trouve que 908 mètres cubes de résidu peuvent être introduits dans la canalisation. Ces résidus comprennent, on le sait, matières fécales, urines, eaux ménagères. Evaluant la quantité des urines et matières fécales à 37 mètres cubes pour les 25.000 habitants par jour, il reste 871 mètres cubes d'eau à introduire dans la canalisation par jour, soit 34 litres par habitant.

« C'est à ce taux que serait désormais invariablement fixée la quantité d'eau ménagère par habitant à Trouville et toute augmentation, si désirable fût-elle, se heurterait à une impossibilité.

« Actuellement Trouville dispose à peine de 800 mètres cubes d'eau à distribuer par jour, soit au total, pendant la saison, 20 litres par habitant. Cette quantité est absolument insuffisante, et au fort de l'été il y a pénurie d'eau à Trouville.

« Une condition prime à Trouville, comme ailleurs, l'hygiène de la ville : l'amenée en abondance d'eau potable. Or, en adoptant le système de vidanges, tel qu'il se comporte dans le projet proposé, Trouville s'engage dans une voie qui limitera singulièrement pour l'avenir toute large amélioration de son système des eaux.

« Nous pensons et nous ne craignons pas de dire qu'il fallait procéder à Trouville d'une tout autre façon : d'abord assainir la ville en y assurant la quantité de bonne eau potable nécessaire à tous les besoins de la population maxima, puis rechercher, ceci fait, quelle solution on donnerait à la question des vidanges : système Berlier, système Liernur, tout à l'égout, etc., etc...

« Nous craignons que la commune de Trouville ne se soit laissé exclusivement guider par des raisons financières, par le côté économique du projet actuel et par le désir de ne

pas trop s'engager ultérieurement dans de coûteux travaux d'amenée d'eau.

« Quoi qu'il en soit, il existe dans le système qui nous est proposé un point que nous ne saurions accepter : c'est cette manière de traiter les matières, de les débiter au robinet libre à l'usine de la ville ou à l'usine extérieure, ou d'en faire cet engrais grossier, mélange de terre et matières.

« Nos idées actuelles se prêtent peu à admettre ces sortes de traitement qui nous ramènent à des pratiques toujours condamnées par les hygiénistes modernes.

Une telle manière de faire serait organiser, en temps d'épidémie, un débit de microbes pathogènes et semer dans toute la campagne autour de Trouville la fièvre typhoïde et le choléra.

« Nous réclamons un mode de traitement chimique rationnel de toutes les matières évacuées par le réseau. »

Caen (Calvados). — Depuis 1890, la ville de Caen est alimentée par d'excellentes eaux de source. Ces sources, au nombre de 16, sont au sud de la ville, à 28 kilomètres au plus, dans la vallée de la Laize ; ce sont les groupes de Moulines, de Fontaine-Halbout, de Tournebu, qui jaillissent dans des vallons tributaires de la rivière de Meslay, qui se jette sur la rive gauche de la Laize. Sur la rive droite de la Laize, à Saint-Germain-le-Vasson, on a capté une autre source, l'une des plus abondantes.

La quantité d'eau distribuée ainsi est de 200 litres par habitant et par jour, susceptible d'être augmentée. Cette eau est conduite au réservoir de Tilly, puis à celui de Moulin-au-Roy, d'où elle est répartie en ville.

La canalisation est formée d'anciennes conduites dont les joints exigent de fréquentes réparations. La pression atteint 52 mètres, ce qui est peut-être excessif.

Malheureusement, Caen renferme aussi beaucoup de

puits à eau suspecte, dont un grand nombre d'habitants persistent à se contenter.

Valognes (Manche). — La ville de Valognes (4.500 habitants) ne possède une alimentation d'eau provenant d'un trou de source que pour sa partie basse (1.700 habitants).

Les plateaux situés au nord et au sud sont alimentés par des puits profonds et, par suite, exposés à se tarir l'été et à recevoir des souillures, puisque la ville n'a pas une seule fosse étanche. Le ruisseau qui traverse la ville, quoiqu'il soit bien près de son origine, porte, dit M. Jacquot (1), un nom qui résume la situation : le *Merderet*, qui recueille toutes les déjections d'un abattoir. Aussi la mortalité est-elle de 27, 3 pour 1.000 habitants et on compte à Valognes, par an, 30 décès typhiques.

En 1895, on a décidé, pour alimenter les quartiers élevés, de dériver quatre sources situées au lieu dit *le Bus*, à 1 kilomètre au sud-est de la ville, et qui ont dû servir, à l'époque gallo-romaine, à alimenter l'ancienne ville d'Alauna.

Chaque source serait captée au moyen d'un tuyau en ciment ou en fonte. Les eaux se rendraient toutes dans un réservoir commun, à construire, en empruntant une partie du bassin où elles sourdent. Pour leur conserver leur pureté et les isoler des eaux superficielles, on se propose de dériver ces dernières au moyen d'un drainage de circonvallation de 80 centimètres de profondeur.

La distribution de l'eau en ville sera faite par tuyaux en fonte.

Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord). — Saint-Brieuc n'a dis-

(1) Jacquot, *Recueil des Travaux du Comité consultatif d'hygiène publique de France*, t. XXV, 1895, p. 81.

posé longtemps que de 500 mètres cubes d'eau, dont la moitié provenait des Bassins et de Balavoine, et dont l'autre moitié était fournie par des puits, soit en tout 30 litres par jour et par habitant, quantité absolument insuffisante.

De plus, la moitié de ces eaux est impropre à la boisson et même souillée au point de ne pouvoir servir sans inconvénient à l'arrosage. Les puits sont, en effet, contaminés par les infiltrations des fosses d'aisances.

En outre, la ville ne disposant pas de moyens suffisants pour l'irrigation de ses égouts et ruisseaux, leur odeur infecte démontrait la stagnation des matières qui les encombraient, et que seuls les orages lavaient de temps en temps.

Comme conséquence de tout cela, grande mortalité à Saint-Brieuc, surtout par la fièvre typhoïde, qui a donné jusqu'à 2,46 décès pour 1.000 habitants.

Heureusement qu'à la suite d'un concours, jugé en juin 1891, la ville a décidé l'adduction des eaux de la vallée du Rillan, comprise entre Plaintel et la forêt de Lorges, capable de fournir 3.000 mètres cubes d'eau potable par jour.

Les eaux, collectées dans un puisard établi au pont du Hino, sont amenées par une conduite de 17.000 mètres (dont 13.000 en tuyaux de grès ou ciment et 4.000 en tuyaux de fonte pour les siphons), dans un bassin couvert à deux compartiments contenant chacun 1.500 mètres cubes.

A sa sortie du bassin, l'eau pénètre dans une conduite maîtresse en fonte de 0 m. 45 de diamètre, pour parvenir aux orifices de distribution.

Les travaux ont été estimés à 900.000 fr.

Brest (Finistère). — La ville de Brest a décidé, en 1895, de dériver les sources de Guilers, pour alimenter son port de commerce et le quartier voisin ; les eaux seront dirigées au

moyen d'une conduite située boulevard Gambetta, à Brest. La canalisation devra desservir 15 bornes-fontaines.

Dans un rapport au Comité consultatif d'hygiène de France, M. Jacquot, a approuvé ce projet, tout en demandant que l'isolement des sources soit étendu, pour mettre ces dernières à l'abri de la contamination des terrains cultivés du voisinage.

Quimper (Finistère).—La ville de Quimper, ayant voulu augmenter sa quantité d'eau potable, s'est trouvée très embarrassée. La plupart des sources environnantes étaient en effet déjà utilisées et l'adduction des sources lointaines aurait été trop coûteuse. Aussi, sur l'avis de M. Considère (1), M. Soulié, ingénieur, a-t-il creusé des galeries de captage dans le granit, comme on l'avait déjà fait à Limoges en 1875 et à Rennes en 1876.

La région granitique entourant Quimper renferme des vallons, dont le fond est occupé par des prairies. Une excavation donne d'abord 0 m. 40 à 0 m. 80 de sol végétal, puis des produits détritiques (pierres, graviers et sables très perméables), enfin des produits arénacés de la décomposition du granit et le granit vif à une profondeur de 3 à 7 mètres.

Les couches détritiques et arénacées des prairies, des coteaux et des plateaux communiquent et forment un immense filtre imbibé des eaux qui cheminent sur le granit vif vers les thalwegs. En pratiquant, dans ce filtre, des drains ou galeries de captage, on obtient des sources artificielles. C'est ce qu'on a fait pour Quimper.

Le débit minimum fourni à la veille des premières pluies d'automne est de 1.200 mètres cubes d'eau par jour. Le débit maximum a été de 3.800 mètres cubes, le 19 janvier 1895.

(1) Voir *Annales des Ponts et Chaussées*, avril 1896.

La longueur des aqueducs de ce captage est de 1872 mètres; la profondeur moyenne des tranchées est de 4 mètres.

Clamecy (Nièvre). — La petite ville de Clamecy, peuplée de 4.540 habitants, bâtie sur l'Yonne, a manqué longtemps d'eau potable, n'ayant que des puits creusés dans les graviers perméables de la vallée, ses fosses d'aisances sont, de plus, rarement étanches. Aussi la fièvre typhoïde y a-t-elle été à l'état endémique.

En 1895, la ville a entrepris l'adduction de la source de la Fontainerie, à 13 kilomètres au sud, sur la rive gauche du ruisseau de Beuvron; elle débite 30 litres par seconde sur lesquels il suffit de prendre 6 litres, pour donner à la population de Clamecy 100 litres par habitant et par jour.

Le projet consiste à enfermer la source dans une chambre en maçonnerie de 13 m. 50 de longueur sur 6 m. 90 de largeur, fermée par une porte et recouverte d'une voûte en briques creuses. En outre, un revêtement en terre maintiendra la fraîcheur de l'eau.

L'eau sera ramenée à Clamecy en conduite forcée en tuyaux de béton ; elle débouchera dans un réservoir de tête, sis au lieu dit « la Côte d'Or »; un second réservoir emmagasinera ensuite l'eau. Ces deux réservoirs pourront renfermer une réserve d'eau de 1.000 mètres cubes, capables d'alimenter la ville pendant deux jours 1/2 et de parer ainsi aux accidents. La conduite, dans l'intérieur de la ville, sera en tuyaux de fonte de fer. 31 bornes-fontaines seront dispersées à moins de 100 mètres les unes des autres. Un réservoir secondaire sera établi pour assurer le service du faubourg élevé de Crot-Pinçon.

Les travaux sont estimés à 225.000 francs.

Parthenay (Deux-Sèvres). — La ville de Parthenay, à

peu près complètement dépourvue d'eau potable, a décidé, en mars 1892, de s'alimenter au moyen des eaux de la rivière le Thouet. L'impossibilité de trouver suffisamment d'eau de source a obligé d'emprunter l'eau à cette rivière, mais en la stérilisant.

L'eau du Thouet, captée par une galerie, subit d'abord une première filtration grossière; une seconde galerie conduit l'eau jusqu'au puisard d'aspiration des pompes nourricières. Le volume d'eau à élever est de 150 litres par jour et par habitant, soit 900 mètres cubes par jour en tout. Une conduite de refoulement dirige l'eau vers des réservoirs de tôle placés au point le plus élevé de la ville; une canalisation en fonte la distribue ensuite dans les divers quartiers.

Avant d'arriver à la conduite de refoulement, les eaux du Thouet sont, pour une portion, stérilisées par la chaleur et pour une autre portion (destinée au lavage et autres usages non alimentaires) filtrées sommairement. Ces deux portions sont distribuées en ville par deux canalisations distinctes.

L'appareil stérilisateur choisi est celui de Rouart, Geneste et Herscher.

L'eau, prise dans la conduite, traverse un filtre *dégrossisseur*, de sable moyen, qui arrête les grosses impuretés. L'eau se sépare ensuite en deux courants, traversant chacun nécessairement, de bas en haut, un *échangeur à serpentins* et un *échangeur capillaire ;* les deux courants atteignent par simple échange une température de 100 degrés ; ils passent ensuite dans un *réchauffeur* qui amène l'eau à la température de 125 degrés, nécessaire à la stérilisation complète. La chaleur fournie aux appareils est empruntée aux chaudières des machines élévatoires.

Dans le réchauffeur, l'eau circule de bas en haut en traversant un faisceau de tubes, entourés par la vapeur empruntée aux générateurs. A la sortie de cet appareil, où elle séjourne 10 minutes, l'eau se sépare de nouveau

en deux courants de sens inverse, qui parcourent successivement un échangeur à serpentins, un complément d'échangeur et un clarificateur.

L'*échangeur capillaire* est formé de tubes concentriques, entre lesquels circule d'une part l'eau stérilisée chaude, d'autre part, l'eau à stériliser déjà chauffée, par suite de son passage à travers les échangeurs à serpentins.

Les *échangeurs à serpentins* fonctionnent d'une manière analogue ; l'eau stérilisée, déjà tiède, qui y pénètre, continue à se refroidir au contact de l'eau froide non stérilisée sortant du filtre dégrossisseur.

Le *complément d'échangeur* est un appareil du même genre, où l'eau stérilisée achève de se refroidir en passant dans des serpentins entourés d'eau froide prise directement à la conduite principale.

Enfin, l'eau stérilisée traverse un *clarificateur*, ou filtre rempli de grains fins de sable concassé. En sortant de ce dernier appareil, elle est conduite dans un bassin de 60 mètres cubes, d'où elle est refoulée dans le bassin de distribution par des pompes élévatoires.

L'appareil Rouart, Geneste et Herscher détruit les germes, à la condition que l'eau séjourne dans l'appareil 15 minutes à 120 degrés ou 10 minutes à 130 degrés.

Le coût total des travaux a été évalué à 330.000 francs.

Mais le Comité consultatif d'hygiène publique de France, dans sa séance du 4 juillet 1892, après avoir adopté le projet de Parthenay, sur le rapport de M. Ogier (1), a adopté aussi les conclusions de ce rapport que nous croyons devoir reproduire ici :

« ... les appareils à stériliser l'eau ne devront jamais être considérés, dans l'alimentation des villes, que comme

(1) Ogier, *Projet d'alimentation de la Commune de Parthenay (Deux-Sèvres) en eau stérilisée* (*Ann. d'Hyg.*, 1892, tome XXVIII, p. 289).

un pis-aller ;.. le Comité conserve sa prédilection... pour les eaux de sources véritables ;... il sera toujours préférable de chercher à se procurer de l'eau pure que de purifier de l'eau sale, quelle que soit la perfection des moyens employés à cette purification ».

Bressuire (Deux-Sèvres). — Bressuire (4.500 habitants), située sur la rivière le Ton, est insuffisamment pourvue d'eau par 7 fontaines publiques et un grand nombre de puits particuliers, peu profonds et par conséquent très exposés à tarir.

La ville étant sur un plateau, on se propose de l'alimenter en recueillant, au moyen de galeries filtrantes, l'eau qui existe au contact de la roche vive de l'arène superficielle qui provient de sa décomposition. Le projet doit donner un volume quotidien de 600 mètres cubes pendant la saison sèche, dont la moitié pour la gare, ce qui ne laisse que 70 litres à chaque habitant, quantité suffisante, la ville n'ayant pas d'industrie.

Les galeries auraient leur radier à 7 mètres de profondeur moyenne, avec une pente de un demi-millimètre par mètre. Elles présenteraient une hauteur de 1 m. 76 sous clef. L'arène n'ayant guère plus de 4 ou 5 mètres d'épaisseur, les galeries seront en grande partie établies dans la masse rocheuse. L'eau qui suinte des parois de la galerie, après avoir traversé une couche de mousse de 10 centimètres, comprise entre deux lits de pierres cassées, serait recueillie dans un drain en béton reposant sur le radier.

A leur sortie des galeries, les eaux du groupe de la Moinie sont réunies au moyen de conduites en ciment et déversées dans un bassin de départ, d'où elles se rendent à deux bassins de distribution de 400 mètres cubes chacun.

Tulle (Corrèze). — Jusqu'en 1893, Tulle était alimentée

par 9 sources qui, en saison sèche, ne donnaient pas au delà de 203 mètres cubes par 24 heures, soit 15 litres par habitant et par jour.

Cette pénurie de ressources a décidé la ville à voter l'amenée à Tulle des sources du Pré-Las et de Mamaset, situées sur un petit vallon granitique, arrosé par la Solane, au nord de la ville.

D'après le projet, les sources du bassin de la Solane sont amenées par des tuyaux en ciment de 0 m. 20 de diamètre et 0 m. 05 d'épaisseur. Deux galeries de 2 mètres de haut et 1 mètre de large renferment les tuyaux amenant l'eau au bas du vallon.

En outre, le bassin est draîné par des galeries recueillant les eaux de la nappe souterraine aquifère.

Un réservoir de 2.000 mètres cubes distribue l'eau dans les divers quartiers. On arrive ainsi à donner en tout à la ville 750 mètres cubes par jour, soit environ 60 litres d'eau par habitant, chiffre peu élevé, mais en progrès.

Libourne (Gironde). — La ville de Libourne était alimentée autrefois en eau de puits contaminés en partie par les fosses d'aisances peu étanches, et en eau puisée directement dans la Dordogne. Depuis 1892, une distribution d'eau de la Dordogne, filtrée par le système Anderson (voy. p. 78), assure une alimentation suffisante.

L'eau est puisée dans le lit de la Dordogne, à 11 kilomètres de la ville et dirigée dans deux purificateurs Anderson pouvant traiter chacun 150 mètres cubes à l'heure. A la sortie de ces appareils, l'eau est conduite par un long couloir, armé de chicanes destinées à faciliter son contact avec l'air, sur une auge percée de trous la laissant ainsi tomber en minces filets dans les couloirs de décantation, où les dépôts, facilités par une suite de nouvelles

chicanes, s'opèrent graduellement pendant la marche de plus en plus lente de l'eau vers les filtres.

Les filtres, composés de 10 chambres de 18 mètres sur 7, offrent chacun 126 mètres carrés de surface filtrante. Chaque filtre est composé, à sa partie inférieure, d'un drainage formé par deux assises de briques, recouvertes d'une couche de 0 m. 25 de gravier. Sur ce gravier repose un lit de sable de 0 m. 60. La nappe d'eau au-dessus a 0 m. 85 d'épaisseur.

Un collecteur, placé à la partie inférieure de chaque chambre, conduit l'eau filtrée dans un puisard commun à 2 chambres. Par l'intermédiaire d'un régulateur, l'eau filtrée se rend dans la galerie de réserve en communication avec le puisard, d'où les pompes la prennent pour la refouler dans le réservoir, à 3.600 mètres de l'usine.

Pau (Basses-Pyrénées). — La ville de Pau pratique le tout à l'égout dans des conditions semblables à celles de Paris.

Aussi la ville a-t-elle dû voter, en 1892, 775.000 francs, pour améliorer son système d'égouts, car, tant que le ruisseau de Hédas servait de collecteur aux égouts secondaires de la ville et se jetait dans le canal des usines Heïd (qui aboutit finalement au Gave de Pau), les quartiers nord étaient dépourvus d'égouts et la partie inférieure du Hédas ne pouvait fonctionner d'une manière satisfaisante.

Les égouts secondaires des quartiers nord sont constitués par 3.700 mètres de tuyaux en grès vernissé de 0 m. 225 à 0 m. 380 de diamètre; les pentes sont en général supérieures à 0 m. 010 et descendent rarement à 0 m. 006 par mètre. Un système complet de chasses automatiques a été appliqué; chaque réservoir, du système Parenty ou Herscher, se vide automatiquement 6 fois en 24 heures, lançant chaque fois 2 ou 3 mètres cubes d'eau.

Tous ces égouts secondaires se rendent à un collecteur ovoïde, comportant une cuvette demi-circulaire de o m. 15 de rayon, bordée de chaque côté par une banquette de o m. 15; la hauteur des banquettes au sommet de la voûte est de 1 m. 75; la largeur aux naissances est de 1 mètre; la pente descend jusqu'à o m. 005 par mètre, ce qui permet d'assurer par la cuvette seule un écoulement presque double de celui nécessaire. Mais pour entraîner les matières en suspension, 7 réservoirs de chasse fonctionnant comme les précédents sont répartis sur la longueur du collecteur (2.200 mètres) jusqu'au point où il va rejoindre l'ancien réseau.

Depuis 1892, on a supprimé aussi, à Pau, le ruisseau de Condères, qui charriait des matières de toutes sortes et où pourtant les habitants venaient laver leur linge. On a étendu aussi, aux anciens égouts dont les pentes descendent jusqu'à o m. 005 par mètre, le système des chasses automatiques en établissant 93 de ces appareils.

Enfin, un égout collecteur a été établi entre la Basse-Plante et la plaine de Billière pour dégager une partie du Hédas.

Les eaux du Gave de Pau jusqu'à 40 kilomètres en aval ne servant pas à l'alimentation, le jet des eaux d'égout à la rivière ne présente pas de sérieux inconvénients, mais il semble pourtant que l'épandage serait préférable à tous points de vue.

Pau dispose maintenant de près de 9.000 mètres cubes d'eau par jour, dont 1.554 mètres cubes sont utilisés pour les chasses ; il reste ainsi 250 litres pour chaque habitant, par jour.

Toulouse (Haute-Garonne). — A Toulouse, les eaux de la Garonne sont reçues dans des galeries de filtration par

les sables, de 250 mètres de long, placées parallèlement au fleuve, à 40 mètres environ.

Le fond de ces galeries est au-dessous du niveau des plus basses eaux du fleuve, de sorte que celles-ci arrivent naturellement dans les galeries. Les eaux, après être filtrées, arrivent dans un petit aqueduc rectangulaire de 1 m. 50 de haut et de 0 m. 60 de large. Il est entouré de cailloux recouverts d'une couche de gravier.

Toulouse dispose d'un volume d'eau de 140 litres par habitant et par jour. Les colonnes montantes s'élèvent généralement jusqu'au troisième étage, mais il arrive fréquemment que la pression est insuffisante, soit par suite de l'abaissement du niveau de la Garonne où les eaux sont prises, soit par suite de l'arrosage des voies publiques pendant les grandes chaleurs.

Les systèmes de vidanges les plus répandus sont la fosse fixe et la fosse mobile. Les matières sont portées dans un dépotoir et traitées à chaud pour la fabrication du sulfate d'ammoniaque. Ces résidus solides sèchent à l'air et sont employés comme poudrette. Il s'en dégage des émanations qui se font principalement sentir quand le vent souffle sur la ville.

Les cabinets d'aisances sont installés avec siège béant à la turque ou avec cuvette à valve, mais sans distribution d'eau, sauf dans des cas rares.

Les eaux ménagères versées dans les éviers ou dans les plombs d'étages s'écoulent dans les ruisseaux superficiellement jusqu'à la bouche d'égout la plus voisine; quelques maisons, cependant, possèdent une canalisation qui aboutit directement à l'égout.

Les galeries souterraines servant au drainage sont assez importantes. Les différents réseaux qui aboutissent directement à la Garonne, au centre même de la ville, avaient une longueur de 22 kilomètres en 1888. Les types généra-

lement adoptés sont vicieux ; ils présentent de larges radiers plats ou à courbure à peine prononcée, d'autant plus qu'en général la pente est presque toujours insensible et ne dépasse pas en moyenne, 3 à 4 millimètres par mètre.

Carcassonne (Aude). — Carcassonne est une ville insalubre ; les épidémies y font de nombreuses victimes.

Les systèmes de vidanges en usage sont les fosses fixes et les fosses mobiles dont l'emploi a été réglementé, mais un assez grand nombre de maisons sont dépourvues de fosses et même de cabinets d'aisances.

A défaut, chaque logement doit être pourvu d'une tinette qu'une Compagnie de salubrité, subventionnée par la ville, enlève tous les jours. Dans les locations composées d'une ou deux pièces seulement, les habitants sont obligés de conserver leur tinette dissimulée dans quelque coin, et M. Louis Masson affirme que des malheureux, faute de place, rangeaient cet épouvantable réceptacle sous la table de cuisine où ils prennent leur repas !

Carcassonne est cependant bien approvisionnée en eau, et l'on se demande comment on distribue les 400 à 500 litres dont le service public dispose par habitant et par jour.

Un seul collecteur reçoit toutes les eaux usées qui s'écoulent superficiellement dans les ruisseaux à travers la ville, et les évacue en aval dans l'Aude.

Cette (Hérault). — La ville de Cette pratique l'écoulement direct à l'égout, mais ne disposait que d'un cube d'eau fort restreint en 1888 (70 litres par habitant).

« L'installation intérieure des maisons laisse fort à désirer ; les cabinets d'aisances sont agencés, pour la plus grande partie, sans eau, sans siphon, et les chutes

non ventilées aboutissent directement, sans obturation, soit dans les canaux ou bassins qui sillonnent la ville, soit dans les égouts qui y débouchent tous également ; le type adopté pour les égouts est à section carrée ou rectangulaire de 0 m. 40 à 0 m. 60 de côté, avec murettes en maçonnerie hydraulique, radiers en briques ou simplement en béton enduit de ciment. Ils sont couverts par des dalles en pierre dure qui s'enlèvent pour les visites, le curage et l'entretien. Il n'y a que le quartier de la gare qui possède des égouts ovoïdes en béton Coignet ; mais ceux-ci sont constamment noyés par les eaux à peu près stagnantes des bassins.

« Dans certains quartiers dépourvus d'égouts, on rencontre encore quelques fosses fixes ou mobiles et, sur certains points, de simples trous. »

Montpellier (Hérault). — Montpellier, grâce à la dérivation du Lez, à laquelle viennent se joindre les eaux fournies par la source Saint-Clément, dispose d'environ 230 litres en moyenne par habitant et par jour.

Ces eaux sont amenées par un aqueduc souterrain se terminant par un pont-aqueduc de 880 mètres de long ; l'aqueduc mesure 13.904 mètres entre Saint-Clément et Peyrou. Les eaux sont recueillies dans un réservoir, d'où elles tombent en cascades sur des roches, afin de les aérer ; puis elles pénètrent dans un bassin avant d'être distribuées dans les tuyaux de la ville.

« La ville, en raison de sa situation topographique, est saine par elle-même ; elle possède un réseau d'égouts qui draine les eaux pluviales et ménagères en partie additionnées de matières de vidanges ; mais ces égouts, pour la plupart, présentent une petite section rectangulaire, défectueuse par conséquent ; ils auraient donc besoin d'être refaits, remaniés au besoin sur un plan nouveau qui per-

mettrait d'utiliser plus favorablement la pente considérable dont on dispose.

« Il y a, à Montpellier, quelques fosses fixes et mobiles ; d'une manière plus générale, c'est l'écoulement direct qui était pratiqué en 1888, mais d'une façon un peu barbare. Pas d'eau dans les cabinets d'aisances, par conséquent pas de cuvettes hydrauliques, pas de chasse, et des canalisations reliées à l'égout sans aucune obturation ».

Marseille (Bouches-du-Rhône). — « Marseille, disait M. Louis Masson en 1888, possède un réseau d'égouts de 53 kilomètres de développement, avec des pentes variant de 0 m. 0005 à 0 m. 13 par mètre; les eaux usées sont évacuées partie par les cabinets d'aisances, partie par les éviers ou les plombs d'étages, empruntant le tuyau de descente qui les déverse soit dans un puisard, soit dans le caniveau de la rue, et de là à l'égout.

« Les systèmes de vidanges employés à Marseille sont : les fosses fixes et mobiles, le système diviseur déversant les eaux vannes plus ou moins désinfectées, soit au ruisseau, soit à l'égout, et l'appareil dilueur dit système Mouras, écoulant à l'égout des liquides très fermentés. Cette diversité des systèmes est la meilleure preuve et la plus convaincante de leur imperfection. Il n'est pas rare de voir, d'ailleurs, dans certaines rues étroites des quartiers anciens, des maisons dont les plombs reçoivent les déjections de tous les ménages, qui s'écoulent directement dans les ruisseaux de la rue.

« La malpropreté, et mieux encore la saleté de ces quartiers est déplorable ».

Le canal d'amenée des eaux de la Durance à Marseille a été exécuté par l'ingénieur De Mont-Richer, de 1839 à 1847 ; il amène ces eaux après un parcours de 92 kilomètres, dont 16 en souterrain, et franchit plusieurs vallées sur des

ponts-aqueducs. Les eaux de la Durance sont clarifiées par des filtres artificiels qui fournissent par jour et par mètre carré de surface filtrante 13 mètres cubes d'eau filtrée.

La couche filtrante a 0 m. 80 d'épaisseur ; elle est formée de sable fin, de gros sable, de petit gravier et de pierres concassées, passant au travers d'un anneau de 0 m. 06. Le nettoyage des filtres se fait en obligeant un courant d'eau à traverser ces filtres de bas en haut, c'est-à-dire en sens contraire de la filtration.

La ville de Marseille est restée ainsi jusqu'en ces dernières années la ville la plus malsaine de France, grâce à son organisation sanitaire déplorable. En 1885, on y constatait 29 naissances seulement contre 33 décès (1) sur 1.000 habitants et la situation empira encore depuis. Pourtant, Marseille est la ville de France la mieux pourvue d'eau, puisqu'elle dispose de 1.000 litres par habitant et par jour, depuis les travaux de dérivation de la Durance.

Aussi, en 1891, dans le but de mettre un terme à cette triste situation, a-t-on entrepris les travaux d'assainissement de cette grande ville maritime, sous la direction de M. Cartier, ingénieur.

C'est le tout-à-l'égout avec déversement à la mer qui a été adopté. Un vaste réseau d'égouts, de 240 kilomètres, reçoit toutes les eaux usées de l'agglomération marseillaise, provenant de canalisations passant sous chaque rue, sous chaque impasse pour recevoir le tribut des maisons riveraines. Ces égouts aboutissent à un grand collecteur de 12 kilomètres de long, qui porte les eaux vannes à la mer, loin des ports et en eau profonde. Pour ce faire, ce collecteur contourne le cap de Montredon et débouche dans la Méditerranée par des fonds de 60 mètres, derrière

(1) Le quartier de l'Hôtel de Ville, à Marseille, avait même 47,4 décès par 1.000 habitants.

les escarpements rocheux de la colline inhabitée de Marsilho-Veyre.

Le canal collecteur est largement balayé par les eaux du canal de la Durance. Ces travaux sont estimés à 35 millions de francs.

Toulon. — La ville de Toulon (fig. 65) a toujours été très insalubre et les épidémies y sont fréquentes (1).

M. Louis Masson décrivait ainsi sa situation sanitaire en 1888 :

« Les rues y sont étroites, les maisons, pour la plupart élevées de 5 ou 6 étages, n'ont ni cabinets d'aisances ni fosses ; quelques immeubles, dans des quartiers neufs, jouissent cependant du prétendu privilège de la fosse fixe ; quelques autres ont des tinettes mobiles enlevées suivant le bon plaisir des entrepreneurs de vidanges ; inutile d'ajouter que, dans ces conditions, les déjections sont jetées avec les eaux sales, ou dans des puits perdus, ou dans les ruisseaux de la rue, après avoir été conservées durant de longues heures, à l'intérieur de l'appartement, dans des vases en poterie qu'on appelle *toupines*. Ces toupines sont cependant vidées, une fois par jour, dans des tonneaux roulants, qui sont conduits au dépotoir, à travers les rues de la ville ; mais, par suite de la négligence d'un certain nombre d'habitants, cette mesure générale n'est pas toujours appliquée.

« Les eaux ménagères s'écoulent superficiellement dans les caniveaux de la rue, conduisant, par leur pente naturelle, jusqu'à la vieille darse qui sert d'exutoire ; la ville est à peu près dépourvue d'égouts. »

En 1888, Toulon ne disposait que de 140 litres par jour

(1) Brouardel et Bruniquel, *Dispositions à adopter pour l'assainissement de la ville de Toulon* (*Ann. d'hyg.* 1885, tome XIV, p. 209).

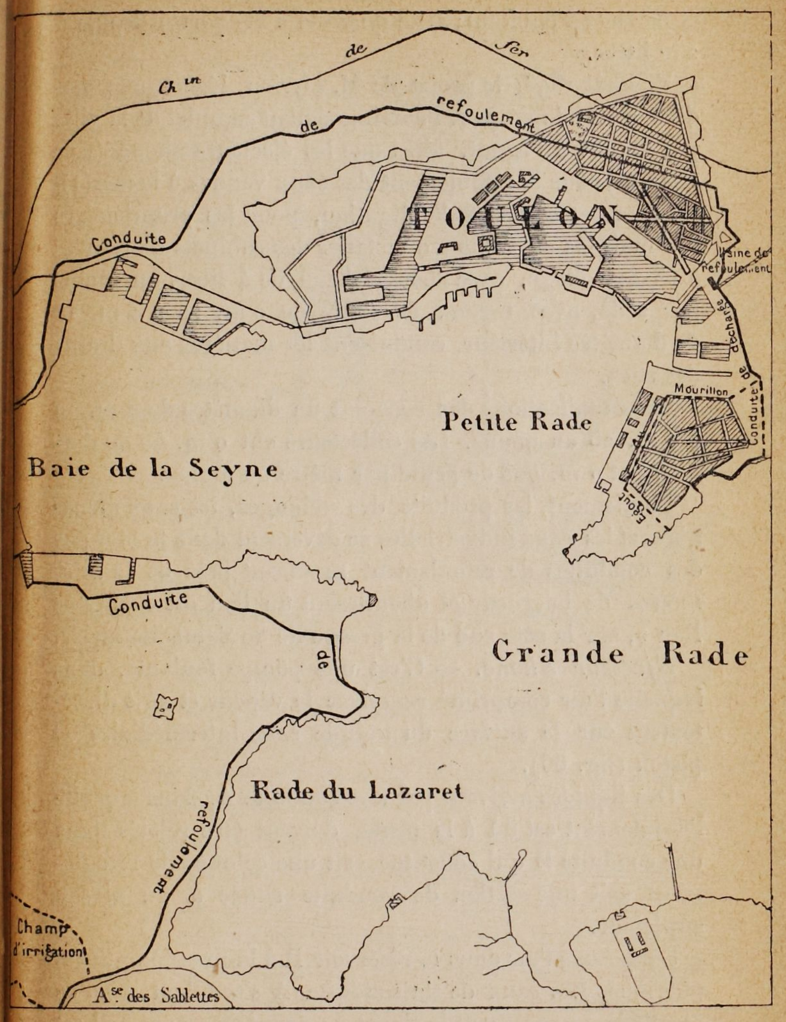


Fig. 65. — Plan de la ville et de la rade de Toulon, indiquant la conduite de refoulement et de décharge, le champ d'irrigation et les deux rues qui devront couper diagonalement la vieille ville.

et par tête d'habitant; cette quantité a été portée depuis à 250 litres.

En août 1893, le projet de M. Dyrion, légèrement modifié, a été adopté pour l'assainissement complet de la ville par le tout à l'égout, ainsi que les éjecteurs Shone (voir ci-après) pour le refoulement des eaux vannes à la mer (1).

Le projet comporte l'obligation, pour les propriétaires des maisons de Toulon, d'installer des cabinets d'aisances à chaque étage, avec chasses d'eau de 4 litres au moins par selle, avec tuyaux de chute de 0 m. 10 à 0 m. 15 de diamètre intérieur, conduisant les matières aux drains des rues.

Les canalisations des rues ont un diamètre de 0 m. 20 à 0 m. 25 au moins. Les collecteurs ont 0 m. 40 de diamètre et 0 m. 003 de pente par mètre au moins.

Finalement, les produits des vidanges, les eaux ménagères et les eaux industrielles se déversent dans la mer par des conduites de refoulement mesurant près de 12 kilomètres de longueur et aboutissant au lieu dit « le Gros Bau », sur la côte sud de la presqu'île de Saint-Mandrier.

Ejecteur Shone. — C'est une pompe foulante, dans laquelle l'air comprimé remplace la vapeur et agit directement sur la surface du liquide sans intermédiaire de piston (fig. 66).

Des liquides arrivant par une conduite A, dans laquelle l'écoulement est dû à la pente, doivent être rejetés dans une conduite B qui constitue, soit une colonne de refoulement, soit une section de conduite située à un niveau supérieur.

Supposons l'air dans le réservoir R à la pression atmosphérique. Les eaux de la conduite A s'écoulent dans ce réservoir en soulevant le clapet *a;* quant au clapet *b,* il est

(1) Voir *le Génie civil* du 14 octobre 1893.

tenu fermé par la pression des liquides contenus dans la conduite de refoulement. Le réservoir R se remplit donc, et lorsque le liquide arrive au niveau de la cloche renversée D, l'air qui se comprime à l'intérieur de cette cloche la soulève et fait manœuvrer une tige verticale sur laquelle elle est fixée. Cette tige actionne un mécanisme de distribution par lequel l'air comprimé, venant d'une usine de compresseurs, entre dans le réservoir R. Cet air, agissant sur toute la surface du liquide, le refoule en faisant fermer le clapet *a* et ouvrir le clapet *b* ; le liquide du réservoir passe ainsi dans la colonne de refoulement jusqu'au moment où une 2me cloche *c*, suspendue au bas de la tige de distribution, se trouve abandonnée à son poids et à celui du liquide qu'elle contient. A ce moment, le poids de cette cloche fait manœuvrer de haut en bas le mécanisme de distribution, interrompant l'arrivée de l'air comprimé et ouvrant un échappement dans l'atmosphère. Les liquides qui se sont accumulés pendant ce temps, du côté du clapet d'arrivée *a*, ouvrent ce clapet et la première phase de l'opération recommence.

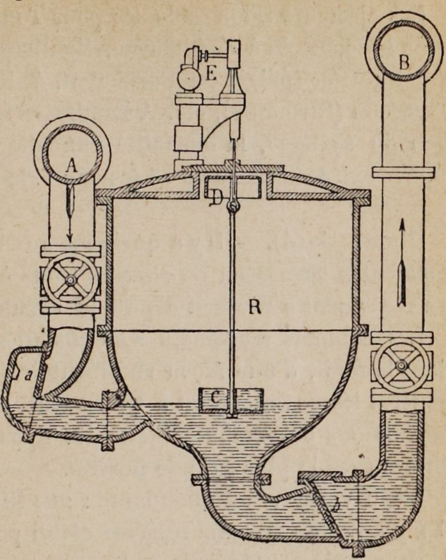


Fig. 66. — Ejecteur Shone.

Le fonctionnement est entièrement automatique.

Les éjecteurs Shone, adoptés pour Toulon, ont été appliqués avec succès à Eastbourne, Southampton, Plymouth, Westminster (palais du Parlement, à Londres), Moscou, Rangoon (Birmanie), etc. A Eastbourne, depuis l'application du système, la mortalité annuelle est descendue au chiffre extraordinaire de 13,4 pour 1.000 habitants.

Nîmes (Gard). — Il y a quelques années, les fosses consistaient, à Nîmes, en de simples trous à fond perdu, dont un règlement a prescrit depuis la régularisation.

Les cabinets d'aisances sont installés, comme partout dans le midi, d'une façon rudimentaire, c'est-à-dire qu'en général les cuvettes sont à trou béant, ce qui permet aux émanations de remonter dans les appartements par les chutes avec la plus grande facilité.

L'eau y est assez abondante : 220 litres par habitant ; il n'y a pas de système régulier établi pour l'entretien des égouts, qui sont ainsi, pour la ville, un foyer d'infection.

Barcelonnette (Basses-Alpes). — La ville de Barcelonnette (2.200 habitants) a un état sanitaire mauvais, sa mortalité étant de 36,5 pour 1.000 habitants. Le nombre des décès y excède de 5 pour 100 celui des naissances ; pour les enfants jusqu'à 5 ans, le nombre des décès atteint le tiers du nombre des naissances. Les épidémies sont fréquentes.

Cet état d'insalubrité paraît lié, dit M. le professeur Gariel (1), à l'humidité du sous-sol, formé de sables et de graviers très perméables, et à la manière primitive dont s'effectue l'évacuation des eaux et des ordures, car les

(1) Gariel, *Recueil des Travaux du Comité d'hygiène publique de France*, t. XXV, 1895, p. 84.

eaux de pluie, les eaux ménagères et celles des vidanges courent, dans des ruisseaux, à la surface des chaussées.

La ville a décidé, en 1895, d'établir, dans les principales rues, un système d'égouts destiné à recevoir les eaux pluviales, ménagères et de vidange, en même temps qu'une partie des eaux de la nappe souterraine de manière à abaisser de 2 mètres le niveau de celle-ci dans la ville, ce qui permettra la construction des caves, impossible jusqu'ici.

Le projet comporte l'établissement d'un collecteur principal de 1.650 mètres et de deux collecteurs de 350 et 265 mètres, se réunissant au premier. Un système de drains transversaux perpendiculaires à la direction des collecteurs complète le projet.

Sauf sur une partie du collecteur principal où l'égout a la forme ovoïde, tout le système est composé de conduites circulaires, les unes en béton (jusqu'à 0 m. 60 de diamètre), les autres en grès vernissé (drains de 0 m. 20).

Les égouts sont à 2 m. 50 ou 3 mètres du sol.

Les pentes sont partout supérieures à 0 m. 004 par mètre, sauf sur la dernière partie du collecteur où elle tombe à 0 m. 0019. Au point où il se jette dans l'Ubaye, le radier de l'égout est à 1 mètre au-dessus des eaux moyennes de la rivière.

Le système doit recueillir les eaux superficielles à l'aide de bouches grillées reliées à l'égout par une partie verticale et une partie légèrement en pente. Il doit surtout produire l'assèchement du sol; à cet effet, les collecteurs portent, à leur partie inférieure, des barbacanes espacées de 2 en 2 mètres; une chemise en pierres sèches de 0 m. 15 d'épaisseur recouvre les pieds-droits dans leur partie basse; le niveau de la nappe sera abaissé à la hauteur de ces barbacanes dans le voisinage de l'égout et s'élèvera lentement en s'en éloignant.

Le Comité consultatif d'hygiène publique de France a accepté ce projet, à la condition que les fosses d'aisances ne soient pas reliées aux égouts, puisque ces derniers se déversent dans l'Ubaye, affluent de la Durance. Les matières de vidange devront être réunies dans des dépotoirs éloignés de la conduite de distribution d'eau.

Chambéry (Savoie). — Chambéry (20.000 habitants) est alimenté en eau contaminée; par suite, sa mortalité atteint 29,17 pour 1.000 habitants.

La fontaine Saint-Martin entre pour les trois quarts dans l'alimentation de la ville; c'est une venue d'eau qui se fait dans la paroi rocheuse à laquelle la ville est adossée, du côté du sud, à 70 mètres au-dessus du sol moyen de la ville. Cette altitude permet de distribuer cette eau dans les quartiers les plus élevés de Chambéry.

L'eau de la fontaine Saint-Martin n'a que l'apparence d'une eau de source ; en réalité, les analyses chimiques et bactériologiques révèlent une eau suspecte, de même que celle du puits du Bocage, qui a été introduite dans la distribution de la ville, ainsi que l'eau de la fontaine des Deux-Bourneaux.

Le Comité consultatif d'hygiène publique de France propose d'alimenter Chambéry en eau potable au moyen de la source des Esparres, située à 14 kilomètres au sud, qui pourrait fournir 40 litres par seconde.

ÉTRANGER

Londres (Angleterre). — *Eaux.* — Le service des eaux de Londres est morcelé entre 8 compagnies indépendantes, qui desservent chacune un territoire délimité. Elles distribuent les eaux des puits forés à travers la craie, les eaux dérivées de la rivière Lea (affluent de la Tamise) avec divers

appoints et les eaux de la Tamise. Les eaux les plus fraîches et les plus limpides sont celles des forages de Kent Waterworks, distribuées sans filtrage.

Les eaux de la Lea et de la source Chadwell sont distribuées à plus de 2 millions d'habitants; comme elles sont souvent troubles, on y mélange les eaux limpides de 13 puits artésiens ou celles de la Tamise. Pour rendre ces eaux propres aux usages domestiques, les compagnies sont obligées de les filtrer.

2.500.000 habitants de Londres sont desservis exclusivement par les eaux de la Tamise, prises près d'Hampton ou de Molesey, et filtrées. Les eaux de la Tamise et de la Léa marquent 15 à 24 degrés hydrotimétriques.

Les installations se composent donc :

1° D'une prise, avec vastes réservoirs de décantation alimentés par un premier relai de pompes;

2° Des *basssins de filtrage*, découverts, placés plus bas que les réservoirs de décantation, et reliés avec eux par une conduite d'amenée;

3° D'une ou plusieurs usines élévatoires refoulant en général sur colonne;

4° Au-delà de l'usine, en un point haut sur le parcours de la conduite maîtresse allant à Londres, d'un réservoir plus ou moins grand, pour faire face aux variations horaires de la consommation et aux arrêts éventuels de machines.

D'une compagnie à l'autre, ces divers ouvrages ne différant guère, prenons comme exemple celle de Chelsea, décrite par M. Couche.

La Cie de Chelsea alimentait, en 1883, plus de 250.000 habitants et pouvait fournir par jour 50.000 mètres cubes d'eau de la Tamise. Sa prise d'eau est située à Molesey.

Pour arrêter les corps flottants, on fait passer l'eau, d'abord à travers une grille à minces lames parallèles,

protégée par une charpente en bois, et ensuite à travers deux grillages en fil de fer à mailles serrées.

Elle arrive ainsi dans un puits où 2 machines à vapeur de 50 chevaux l'amènent, par une première ascension de 6 mètres, dans un bassin de distribution. De là elle peut être envoyée aux filtres par l'action de la gravité, soit en passant par l'un des 4 compartiments du réservoir de décantation, soit directement.

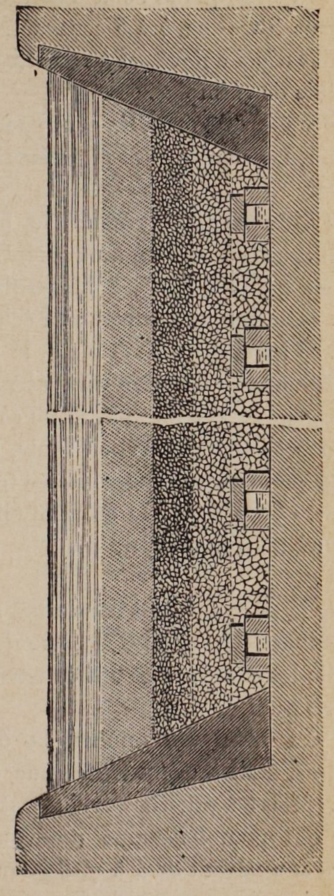
Les réservoirs de décantation sont de vastes bassins revêtus d'une chemise en briques. L'eau a, dans toute la section transversale de ces bassins, pour se rendre à la sortie du côté des filtres, une vitesse à peu près uniforme et insensible. On obtient ce résultat en établissant, immédiatement en amont de la vanne d'évacuation, une cloison en briques dont les joints présentent de petits vides également espacés; l'eau trouve à travers ces vides des échappements suffisants par leur somme, mais dont la division l'oblige à répartir son mouvement. Si la cloison n'existait pas, l'eau s'écoulerait directement, avec vitesse, de la vanne d'entrée à la vanne de sortie, et s'échapperait sans s'être décantée; à droite et à gauche de ce courant, les parties latérales du bassin conserveraient, au contraire, une eau non renouvelée et ne travailleraient pas.

A Chelsea, les 4 compartiments ont ensemble 16 hectares et l'énorme capacité de 635.000 mètres, ce qui permet, en temps de crue, de fermer les prises, et de vivre sur l'approvisionnement dans la période où les eaux sont trop chargées.

Des réservoirs de décantation aux bassins de filtrage, le trajet est de 3 kilomètres; il s'opère par une conduite de 1 m. 10.

Les *filtres* (fig. 67) sont des bassins peu profonds, revêtus en briques et dont toute la surface est occupée par un lit de gravier de grosseur décroissante, à partir du

fond, recouvert d'une couche de sable fin. Entre les deux est interposée une faible épaisseur de débris de coquilles, ce qui empêche le sable de descendre dans les interstices.


Fig. 67. — Filtre de Londres (sable et gravier).

L'épaisseur de cette couche filtrante atteint 2 m. 40 à Chelsea ; elle se compose de :

Sable....	1m,00
Coquilles	0m,07
Gravier..	1m,33

L'eau, répandue par des tuyaux à la surface du filtre sur une hauteur de 1 m. 50 environ, s'échappe à la base par des drains qui aboutissent au puisard d'aspiration des machines.

Cette aspiration règle le filtrage. A Chelsea, la vitesse de filtrage est de 2 mètres cubes par mètre de surface et par jour. La compagnie a donc besoin, pour une distribution journalière de 40.000 mètres cubes, de maintenir en service une vingtaine de milliers de mètres carrés de filtres ; son usine comprenait, en 1883, 7 bassins filtrants de 4.000 m. de surface, dont 5 fonctionnent

pendant que les deux autres subissent un nettoyage.

Cette dernière opération, qui se reproduit jusqu'à deux fois par mois quand l'état des eaux l'exige, consiste à décaper le filtre sur 4 à 5 centimètres d'épaisseur, à laver le sable ainsi enlevé, et à remettre en place la partie susceptible de réemploi.

Avec ces soins répétés et l'apport de sable neuf une fois par an, les compagnies anglaises obtiennent une eau très claire.

Le filtre anglais résoud le problème du filtrage en grand, pourvu que les eaux soient médiocrement chargées. L'essai qu'on a tenté, à Marseille, pour filtrer ainsi les eaux troubles de la Durance, a échoué.

Dans les usines élévatoires, le refoulement se fait sur une colonne qui s'élève verticalement à la hauteur nécessaire pour la distribution. Cette colonne occupe l'axe d'un pylone quadrangulaire en fonte, dont les pièces d'arêtes, solidement entretoisées, sont des tuyaux mis en communication, en haut avec la colonne elle-même, en bas avec le puisard d'aspiration, de manière à jouer le rôle de trop-plein.

Sur le parcours des conduites maîtresses qui, partant des colonnes montantes de refoulement, se dirigent vers la ville, les compagnies ont construit des réservoirs de régularisation.

Il y a plusieurs années, la distribution de l'eau, à Londres, était intermittente et ne durait que 2 heures par jour. Maintenant, le service est régulier. Les tarifs de l'eau ont pour base une redevance proportionnelle aux loyers et s'élèvent de 4 à 7, 5 pour 100.

On comptait, en 1889, 611.000 maisons abonnées aux diverses compagnies londoniennes.

Le service public ne comprenait que 800 bouches de remplissage pour tonneaux d'arrosement et 6.400 bouches

d'incendie; il n'y avait aucune fontaine de puisage public.

M. Humblot, qui a visité Londres en 1892, rapporte que les 8 compagnies anglaises fournissent par jour 905.000 mètres cubes d'eaux de rivières filtrées à 5.593.000 habitants, soit 161 litres par tête, dont 129 litres employés dans les maisons. La propreté des rues de Londres laisse beaucoup à désirer, car 80 o/o des eaux sont employées pour les services privés, tandis qu'à Paris cette proportion n'est que de 45 o/o. Aussi, tandis que Paris reçoit une quantité totale d'eau très inférieure à celle de Londres, les habitants de cette dernière ville en disposent de près du double qu'à Paris, qui préfère laver à fond ses rues, mais laisser altérer ses citoyens.

En réalité, Paris peut être pris comme modèle pour la quantité d'eau dont disposent ses services publics et Londres pour celle dont disposent ses services privés. L'idéal pour une grande ville serait donc de réunir ensemble les qualités particulières à ces deux grandes capitales : de l'eau à la maison et dans la rue!

Eau sous pression. — Il est curieux de signaler qu'il existait à Londres, au 1er janvier 1894, 108 kilomètres de conduites d'eau sous pression, pour actionnner des moteurs et appareils. L'installation comprend 3 stations, dans lesquelles on dispose d'une puissance de 2.000 chevaux-vapeur. La quantité moyenne d'eau refoulée pendant une semaine est de 34.250 mètres cubes; les machines réceptrices en mouvement sont au nombre d'environ 2.000.

La première station d'eau sous pression fut établie en 1884 au Falcon Wharf; une seconde fut construite en 1887, à Milbank, près du palais de Westminster. Dans cette dernière, la pression de la vapeur qui refoule l'eau dans les accumulateurs est de 4 kilog. par centimètre carré. Cette eau est filtrée au gravier, au sable, et au charbon de bois.

Une troisième station d'eau sous pression a été établie à Wapping.

Egouts (1). — La masse entière des excréments des habitants, des eaux sales provenant de leurs maisons, ainsi que les eaux pluviales, sont amenées par les drains dans les égouts publics.

Presque toutes les maisons, à Londres, possèdent des water-closets dont le tuyau de chute est relié, soit directement, soit par des drains intermédiaires, avec l'égout de la rue. La cuvette du closet contient toujours une petite quantité d'eau qui empêche les odeurs de sortir. De plus il y a un siphon ou trappe entre le closet et le tuyau de chute et quelquefois un autre obturateur, entre les drains de la maison et l'égout.

L'eau, dans la cuvette, est obtenue en faisant agir un levier après chaque visite ; la même opération fournit une provision d'eau pure provenant d'un réservoir placé au-dessus.

Il n'y a aucune fosse fixe à Londres.

La quantité d'eau consommée à chaque visite dans les cabinets varie de 9 à 13 litres.

Dans les différents systèmes où les water-closets sont situés dans les maisons, on conduit généralement un tuyau depuis le siphon ou obturateur directement placé sous la cuvette jusqu'au-dessus du toit de la maison ; une autre méthode de ventilation des cabinets consiste à ménager une petite ouverture à la partie inférieure de la porte du closet et à avoir un carreau troué à la fenêtre, de manière à produire un courant d'air avec l'extérieur.

Le tuyau de chute est quelquefois conduit au-dessus du toit, pour former un ventilateur.

(1) Situation d'après MM. W. Haywood et W. Bazalgette, ingénieurs anglais.

Les tuyaux de chute, à Londres, prennent ce qui vient des water-closets ; les *sinks* (éviers, plombs et lavabos), qui prennent les eaux sales et de rebut de la maison, sont réunis aux drains de la maison par d'autres tuyaux spéciaux.

Le tuyau d'écoulement débouche directement dans l'égout de la rue, quelquefois avec un clapet à la jonction avec l'égout.

Les égouts secondaires pénètrent dans les égouts principaux au moyen d'une partie courbe ou par une bouche en forme de cloche, ils arrivent à différents niveaux qui dépéndent de la profondeur moyenne du courant d'eau dans l'égout principal, etc.

Les égouts de Londres varient, en diamètre, de 0 m. 2286 à 3 m. 66. La pente minimum pour les égouts collecteurs est de 0m. 00037. Jusqu'à 0 m. 45 de diamètre, les égouts sont en poterie ; au delà, ils sont en briques hourdées en ciment ou en chaux hydraulique.

Toutes les eaux qui tombent à la surface des voies publiques s'écoulent dans les égouts par des grilles placées sur les chaussées.

Les égouts sont ventilés par des cheminées communiquant directement avec eux et se terminant à la surface des chaussées où elles sont recouvertes par des grilles en fer. Il y a aussi des cheminées qui s'élèvent jusqu'au sommet des maisons adjacentes par des tuyaux en fer de 0 m. 15 de diamètre.

Londres avait, en 1892, 130 kilomètres d'égouts de 1 m. 20 à 3 m. 60 de diamètre et environ 6.500 kilomètres de canalisations privées, écoulant ensemble environ un million de mètres cubes d'eaux usées en 24 heures.

Assainissement. — Il y a bien peu d'années, la totalité des eaux vannes et des matières fécales de Londres

était, par les égouts, déversée dans la Tamise, qu'elle infestait; maintenant, la plus grande partie des eaux d'égout de Londres est amenée partie par gravitation, partie au moyen de pompes élévatoires, aux stations de Barking pour la partie nord et de Crossness pour la partie sud, où l'on y précipite les matières en suspension qu'elles contiennent, par de la chaux et du permanganate de fer.

Les premiers appareils de précipitation comprenaient, à Barking, 13 canaux de 10 mètres de large sur une longueur de 300 à 400 mètres et pouvant contenir ensemble 100.000 mètres cubes.

A Crossness, les réservoirs ont été transformés en quatre bassins de précipitation pouvant contenir chacun 28.000 mètres cubes, et on en a construit deux autres de 15.000 mètres cubes, soit un total d'appareils pouvant traiter en même temps 140.000 mètres cubes. Mais de nouvelles installations ont permis, tant à Barking qu'à Crossness, de traiter 962.500 mètres cubes par jour en 1895.

Le coût de l'épuration ne dépasse pas 0 fr. 015 par mètre cube d'eau d'égout.

Les eaux clarifiées sont déversées ensuite dans la Tamise et les matières précipitées (rapidement oxydables et partant à peu près inoffensives) sont chargées sur des bateaux spéciaux qui les transportent à une distance de 80 kilomètres de Barrow Deep, dans la mer, à une profondeur de 2 m. 50, pour les y déverser.

En 1895, on a employé, comme agents de précipitation, 22.000 tonnes de chaux et 5.100 tonnes de sulfate de fer, ce qui représente une proportion de 64 grammes de chaux et 15 grammes de sulfate de fer par mètre cube d'eau d'égout. Le poids total des matières précipitées a été de 2.200.000 tonnes; ces dépôts contiennent environ 91, 4 0/0 d'eau.

Liverpool (Angleterre). — Jusqu'en 1892, Liverpool, quoique second port de l'Europe, n'avait pas la quantité d'eau potable suffisante pour les 800.000 habitants que possèdent la ville et sa banlieue immédiate.

En 1858, on avait établi une prise d'eau à Rivington ; son débit fut augmenté plus tard par des puits. Le système de fourniture par abonnement fut abandonné en 1865, surtout à cause de la défectuosité des conduites et des appareils accessoires.

En 1873, on trouva un procédé révélateur du gaspillage de l'eau.

Enfin, en 1880, le Parlement adopta le projet d'adduction de MM. Deacon et Hawksley. Ce projet comporte un grand aqueduc et trois conduites puisant par jour 182.000 mètres cubes d'eau dans le lac artificiel de Wyrnwy. Le niveau de ce lac, une fois rempli, est de 251 m. 62 au-dessus du niveau de la mer; sa surface est de 453 hectares. La masse d'eau que le lac peut contenir est de 55 millions de mètres cubes; la plus grande profondeur du lac est de 25 m. 62.

Le grand barrage de Wyrnwy, qui retient les eaux du Wyrnwy supérieur, affluent de la Severn, a une longueur de 354 mètres entre les collines qui encaissent la vallée. L'épaisseur maximum du barrage à la base est de 36 m. 60.

Entre le barrage et les réservoirs de distribution de Prescot, existe un aqueduc de 109 kilomètres de longueur; c'est probablement le plus long qui ait jamais été construit.

La dépense totale a été évaluée à 52 millions 1/2, y compris le tunnel sous la Mersey.

Les travaux ont été commencés en 1881. Le grand barrage en maçonnerie a été achevé en 1888. Les réservoirs de Prescot ont été remplis pour la première fois le 14 juillet 1892.

La vallée de la rivière Wyrnwy (qui prend sa source à

72 kilomètres de Liverpool) présentait un bel emplacement pour un réservoir; elle n'est, pense-t-on, que le lit d'un lac desséché. C'est pour reconstituer ce lac qu'on a établi le barrage posé en travers d'un étroit ravin.

A l'origine du viaduc, on a construit un réservoir de décantation qui recueille l'eau, quel que soit le niveau du lac, à une faible profondeur au-dessous de la surface où l'eau contient le moins de matières en suspension. Ce réservoir empêche le passage de matières organiques ou inertes dans l'aqueduc, car l'eau passe par des treillis en fils de cuivre, dont environ 2.300 mailles sont réparties sur un centimètre carré et représentent une superficie de près de 190 mètres carrés. L'eau passe très lentement à travers ce treillis et les matières en suspension s'accumulent dans le fond conique du réservoir où se déposent le long du treillis des filtres.

Longhborough (Angleterre) (1). — La ville de Longhborough, dans la vallée de la Soar, renferme 20.000 habitants, presque tous occupés aux industries de la bonneterie, de la teinture, du blanchiment, de la brasserie et des appareils électriques.

Les eaux des égouts se déversaient autrefois dans les ruisseaux tributaires de la Soar et donnèrent lieu à des plaintes. Les eaux, même après avoir traversé une couche de sables et de graviers de 2 m. 70 d'épaisseur, conservaient la teinte due aux résidus de teinturerie. On se décida à utiliser ces eaux pour l'agriculture, mais en les épurant préalablement par des moyens chimiques, avec dépôts dans des bassins de décantation.

Un terrain de 14 hectares fut choisi, à 1.600 mètres de la ville; la nature du sol consistait en 0 m. 375 de terre

(1) Voir la communication de M. A. S. Butterworth, faite en 1896 à l'*Institution of civil engineers*.

végétale, 1 m. 20 de sable propre, puis en gravier surmontant de la craie.

Le débit total des trois collecteurs de Longhborough est de 3.210 mètres cubes par 24 heures.

Les eaux résiduaires, réunies dans un seul collecteur en fonte, de 0 m. 525 de diamètre et 0 m. 0013 de pente par mètre, passent à travers un grillage incliné à 60 degrés et formé de barreaux distants de 0 m. 0125, puis sont amenées dans des bassins de purification chimique. Le sewage est ensuite élevé d'un puisard par des pompes et conduit dans des réservoirs, d'où l'eau, devenue très claire, est répartie sur le terrain d'épandage.

Les drains sont posés à une profondeur moyenne de 1 m. 75 et à 45 mètres d'axe en axe; ce sont des tuyaux en grès de 0 m. 225 de diamètre. Un drain général de 0 m. 60 recueille le liquide évacué qui, finalement, est déversé dans la Soar.

La vapeur d'alimentation des moteurs des pompes et de la dynamo pour l'éclairage est entièrement fournie par les chaleurs perdues du *destructor* des ordures ménagères de la ville.

Richmond (Angleterre). — Une installation grandiose a été faite à Richmond, sur les bords de la Tamise, en 1892, pour le traitement des eaux d'égout de cinq communes de 41.600 habitants, qui étaient jetées directement dans le fleuve; nous en résumons les dispositions, d'après M. Georges Dumont (1).

On a d'abord construit, dans chacune de ces communes un réseau d'égouts dont les eaux se déversent dans des collecteurs; ces égouts, construits en tuyaux de grès, de fonte ou en briques, suivant leur diamètre, ont une pente

(1) Georges Dumont, *Revue encyclopédique*, 1892.

suffisante pour que leur nettoyage se fasse automatiquement ; les collecteurs, dont la longueur totale atteint 8 kilomètres, sont placés à des profondeurs de 6 à 13 mètres au-dessous de la surface du sol. Des vannes placées de distance en distance permettent de produire des chasses au moyen de l'eau de la Tamise introduite à l'origine des collecteurs. Enfin, les dimensions des égouts ont été calculées de manière à permettre l'évacuation totale des eaux vannes et d'une partie des eaux de pluie. On s'est basé sur une population de 80.000 habitants et le collecteur peut écouler 50.000 mètres cubes par 24 heures.

Les eaux d'égout sont amenées par leur pente naturelle, au nord de la commune de Mortlake, où est l'usine chargée de les traiter. Les eaux amenées forment un cube de 11.400 mètres par jour en temps sec et de 26.000 mètres en temps pluvieux. L'usine occupe 4 hectares 45 ares ; elle est protégée contre les crues du fleuve par une digue ; les bâtiments et les réservoirs sont placés à un niveau suffisamment élevé au-dessus de l'étiage pour que, même en cas d'inondation, l'usine ne puisse cesser de fonctionner.

Les eaux d'égout se déversent du collecteur dans un puits où elles n'entrent qu'après avoir traversé un grillage en fer qui arrête les corps solides d'un certain volume. Elles sont reprises du puits par des pompes à vapeur après avoir été additionnées, dans le puits, d'une petite quantité de lait de chaux. L'agitation qui est produite par le mouvement des pompes opère le mélange intime de la chaux et des eaux, et commence le traitement chimique. Les eaux sont déversées dans un canal, à l'origine duquel se trouve un filtre grossier ; ce canal les amène à la salle des mélanges chimiques ; là on y jette une certaine dose de sulfate d'alumine, de carbone et de fer, et on mélange le tout mécaniquement ; puis elles passent dans un autre

canal qui longe une série de 11 bassins de précipitation où on peut les introduire au moyen de vannes ; généralement, on remplit d'abord un réservoir, et quand il est plein, l'eau arrivant en excès passe dans le réservoir suivant en s'écoulant par un déversoir, et ainsi de suite jusqu'au onzième réservoir. Au fur et à mesure que les bassins se remplissent, la précipitation des matières s'effectue ; celles-ci se rassemblent au fond, tandis que les eaux purifiées et surnageantes sont décantées automatiquement par des déversoirs, qui passent dans une conduite de décharge qui les rejette dans la Tamise. On peut toutefois compléter la purification des eaux, quand cela est nécessaire, en les faisant arriver sur des bassins filtrants situés à deux niveaux différents, et composés de couches superposées de graviers de grosseur variable, de sable et de charbon. Les surfaces de ces filtres sont recouvertes d'une mince couche de terre arable gazonnée.

Quant aux matières solides qui sont restées au fond des réservoirs de précipitation et auxquelles on laisse une certaine proportion d'eau, de manière à les conserver dans un état suffisamment fluide, elles sont enlevées tous les jours. Ces matières forment un dépôt de 5 à 7 centimètres d'épaisseur, qui est dirigé par un conduit en pente dans la salle des dépôts située au-dessous du bâtiment des presses. Dans cette salle, le dépôt fluide se sépare par le repos en deux couches : une couche inférieure, constituée de matières solides ; une couche supérieure, formée d'eaux impures, qui sont décantées par un tuyau flottant et renvoyées dans le puits de réception des eaux d'égout. Ces eaux rentrent ainsi dans le traitement ; leur volume est d'ailleurs peu important.

Les boues, débarrassées de l'eau qui les diluait, sont élevées à l'aide de pompes dans des réservoirs métalliques situés dans la salle des presses. On les mêle à une certaine

quantité de chaux et elles sont soumises à la compression des presses; l'eau expulsée retourne aux pompes afin d'être réunie aux eaux vannes amenées par les collecteurs et on recueille, au sortir des presses, des tourteaux solides qui valent, dit-on, le meilleur fumier de ferme et qui sont vendus aux agriculteurs. On fabrique 10 tonneaux de tourteaux par jour.

L'installation de Richmond a coûté 3 millions de francs et les frais d'exploitation sont de 87.000 fr. par an.

Southampton (Angleterre). — M. William Bennet a établi, au port de Southampton, une installation qui opère la clarification des eaux d'égout d'une partie de la ville et une autre qui traite les ordures ménagères et les produits du balayage des rues.

Les eaux étaient primitivement envoyées par gravitation dans deux bassins établis en contre-bas du quai du port, et déversées dans le chenal à marée basse; de plus, un égout à niveau inférieur passait sous les bassins et atteignait le collecteur commun de décharge, en arrière du quai. Ces bassins recevaient 23.000 mètres cubes d'eau par 24 heures, provenant d'une agglomération de 30.000 habitants.

M. Bennet a conservé les bassins déjà construits, et les fait fonctionner alternativement, la précipitation s'opérant dans l'un pendant le remplissage de l'autre; mais pour permettre le déversement des eaux d'une manière indépendante de la marée, il les a pourvus de deux éjecteurs à air comprimé.

On favorise la précipitation des matières en suspension par leur passage à travers une caisse contenant une pâte formée de charbon poreux, arrosé avec de l'eau pure et 1 o/o en poids d'acide sulfurique.

La pression employée pour le refoulement des dépôts est

de 3 atmosphères; une atmosphère suffit pour évacuer l'eau clarifiée. On traite 8 tonnes de dépôts par 24 heures, ce qui correspond à des eaux chargées de 0 kilog. 35 par mètre cube (contre 2 à 3 kilog. pour Paris).

L'usine établie au Chapel Wharf traite à la fois les dépôts de décantation, les produits du balayage des rues et les ordures ménagères. Les dépôts et les balayures reçus ensemble dans un mélangeur sont transformés en tourteaux et vendus comme engrais.

En temps de pluie, on commence par emmagasiner les boues et les faire sécher; les tourteaux se font alors avec un mélange de dépôts et de cendres criblées provenant de la combustion des ordures ménagères dans un appareil dit destructeur (qui peut traiter 8 à 9 tonnes de matières par jour). Les produits de la combustion vont chauffer une chaudière multitubulaire.

Les résidus de la combustion des ordures consistent en mâchefers dans la proportion de 20 0/0 du poids primitif et en cendres fines.

Ces installations sont bien appropriées au service restreint qu'elles ont à accomplir. Mais la clarification ne s'applique qu'à un volume relativement faible, et ces eaux contiennent 6 à 8 fois moins de matières qu'à Paris, ce qui tient sans doute à ce que les balayures et les boues sont enlevées directement au lieu d'être jetées à l'égout. Enfin, les eaux sont déversées dans le port et ce mélange à un volume énorme rend sans inconvénient la projection de liquides simplement clarifiés. Les bassins de décantation doivent certainement répandre des odeurs.

Angleterre. — Traitement des eaux industrielles. — M. W. Naylor a fait récemment, à *l'Institution of civil Engineers*, une communication sur les divers traitements auxquels on soumet, en Angleterre, les eaux résiduaires

des diverses industries, avant de les envoyer aux rivières, et éviter ainsi la contamination de ces dernières. Nous résumons ici ce travail qui a été très bien analysé par M. Julien Lefèvre (1).

M. W. Naylor divise en cinq classes les industries qui peuvent contaminer les rivières : le blanchiment, la teinture et l'impression de la laine et du coton; la fabrication du papier; le tannage; la fabrication des alcalis et des savons; la galvanisation du fer.

Blanchiment du coton et de la laine. — Pour déterminer le degré de souillure par chacune des opérations de blanchiment, M. Naylor a prélevé des échantillons à l'usine de blanchiment et d'impression de Brinscall. Les résidus se composent surtout de liqueurs contenant en solution ou en suspension de l'amidon, de la chaux, des matières grasses et résineuses, des savons solubles, des sels solubles de calcium et de sodium, etc., mélangés avec les déchets provenant des opérations de la teinture et de l'impression. Les principaux agents de contamination dus à l'impression sont : l'albumine, la caséine, le kaolin, la terre de pipe, la dextrine, la gélatine, le gluten, la glycérine, la gomme du Sénégal, la gomme adragante, la mélasse, le sulfate de plomb, la fécule, le sucre, l'amidon et la farine de froment, le chlorure et le nitrate de zinc. A ces matières s'ajoutent encore les liqueurs résiduelles provenant de la teinture et de l'impression des étoffes de coton.

Toutes ces matières nuisibles se trouvent, les unes en suspension, les autres en dissolution.

Dans le traitement employé d'ordinaire, on envoie d'abord le liquide dans des citernes où se produit le dépôt des matières en suspension et, autant que possible, la précipi-

(1) Lefèvre, *Génie civil* du 7 novembre 1896.

tation des substances dissoutes; on oxyde en même temps le reste des matières organiques, par l'air ou par tout autre agent, et l'on se débarrasse des matières colorantes; on fait passer ensuite dans des filtres pour achever la séparation des substances dissoutes et des matières colorantes par oxydation ou de toute autre manière.

M. Naylor a expérimenté une autre méthode à l'usine de Leyland (Lancashire), depuis janvier 1894. Les liqueurs à traiter contenant les résidus de la teinture et du blanchiment, ainsi que les eaux du lavage, sont, au sortir des ateliers, mélangées avec un lait de chaux et d'*alumina ferric* (1), et amenées dans des bassins de précipitation. Un précipité très dense de sulfate de chaux et d'hydrate d'aluminium se forme aussitôt, dans le transporteur même et le tout est introduit dans le premier bassin, qui porte une division au-dessous de son centre. Environ 90 o/o du précipité se dépose dans ces deux premiers compartiments qui sont vidés une fois par semaine. En outre, le précipité d'hydrate d'aluminium forme une sorte de laque avec certaines matières colorantes, ce qui contribue à clarifier la liqueur.

Le transporteur circule sur toute la longueur des quatre bassins, ce qui permet de remplir chacun de ces réservoirs pendant que le liquide se clarifie dans les autres. On obtient des résultats meilleurs en faisant passer les liquides dans des bassins sous forme d'un courant continu.

La couche supérieure du liquide est recueillie par des conduits flottants ; ce dépôt boueux est puisé par un élévateur Shone (voy. p. 277). Le volume de liquide traité s'élève à 2.270 mètres cubes par jour, capacité totale des bassins.

(1) Ce réactif se compose de sulfate d'aluminium et de sulfate ferrique; ce mélange est variable, mais est formé le plus souvent de 9 du premier sel pour 1 du second.

Les liquides traités peuvent être rejetés directement dans une rivière, mais si l'on préfère les utiliser, on les conduit à un réservoir, puis à un puits, enfin à des filtres de cendres, d'où ils sortent clairs, limpides, propres aux opérations de la teinture et du blanchiment ; on les réunit dans les réservoirs à eau pure et la même eau peut servir indéfiniment.

La matière filtrante a environ 1 m. 50 d'épaisseur et est constituée par des scories de fourneaux.

On emploie 93 grammes du mélange de fer-alumine par mètre cube.

Le dépôt boueux laissé par les liquides traités, desséché à 100 degrés, se compose de 31, 4 de carbonate de calcium, 7, 3 de peroxyde de fer, 3, 2 d'alumine, 38, 5 de silice, 19, 6 de matières organiques, etc., pour 100 parties. Ce dépôt n'est guère susceptible d'être utilisé que pour fabriquer du mortier, car il ne vaut rien comme engrais ou comme combustible.

A Chorley, on traite les eaux de teinture et de blanchiment par la méthode de Mather et Platt. Elle consiste à placer le liquide dans des bassins au fond desquels une série de tuyaux amène un courant d'air produit par un injecteur à vapeur. Le réactif arrive par une autre série de tuyaux, placés à 0 m. 30 au-dessus des premiers, de sorte que son introduction n'agite pas le dépôt. Après l'addition du réactif de fer-alumine, le contenu des bassins est porté, pendant quelques minutes, à l'ébullition, puis on laisse le dépôt se former. Le mélange de couperose et de chaux essayé aussi comme réactif n'a mieux réussi que pour le traitement des résidus de blanchiment.

A Adlington (Lancashire), les liqueurs résiduelles contenant de l'indigo en solution sont introduites dans des bassins de précipitation, après avoir reçu de 0 gr. 14 à 0 gr. 21 d'hydrate de chaux par litre. L'indigo précipité

est ensuite puisé par un injecteur au fond des bassins et retourne aux cuves de teinture pour être employé de nouveau. Les autres liqueurs sont traitées dans des cuves séparées, à l'aide de chaux et de chlorure de fer.

Teinture et impression de la laine. — Le lavage et le dégraissage de la laine mettent en liberté une grande quantité de matières grasses, qui exigent un traitement spécial. En même temps qu'on débarrasse la laine de ses impuretés naturelles et qu'on la rend propre à la teinture, on peut recueillir une grande quantité de sels de potasse.

A l'usine de Dalry (Ayrshire), on extrait ces sels et les matières grasses par le traitement suivant : l'eau de savon du premier récipient, qui contient à peu près les 9/10 des matières grasses et de la potasse, est d'abord abandonnée pendant 12 heures, pour laisser déposer le sable, puis évaporée jusqu'à consistance sirupeuse. On la laisse ensuite refroidir dans des vases plats en fer et l'on enlève de temps en temps les matières grasses qui montent à la surface. Le résidu semi-liquide, renfermant la potasse et les matières organiques, est calciné dans un four en briques, dont la chaleur perdue est utilisée pour la première évaporation. La calcination donne un carbonate de potassium impur, qu'on dissout de nouveau à l'ébullition ; on concentre ainsi jusqu'à 48° B. Le sulfate et le chlorure de potassium cristallisent par refroidissement. La quantité de combustible nécessaire est d'environ une tonne pour 6.713 litres.

On extrait souvent la potasse de la laine avant le dégraissage au savon. A Roubaix, on extrait les matières grasses de l'eau de savon par un battage mécanique, sans l'aide d'agents chimiques.

Fabrication du papier. — Les manufactures de papier contribuent beaucoup à contaminer les cours d'eau. Des liqueurs résiduelles recueillies à Darwen ont donné

jusqu'à 262,7 de matières solides en dissolution et jusqu'à 96 de matières solides en suspension pour 100.000 parties.

Ces résidus mêlés avec de la chaux et du sulfate ferreux laissent déposer rapidement les matières en suspension, et le liquide qui surnage devient clair.

A Church (Lancashire), les liqueurs passent dans deux bassins où s'effectuent le premier dépôt. Le liquide qui surnage est conduit à un puits, puis élevé par des pompes et réparti dans des bassins de précipitation. Le réactif employé est le mélange de chaux et de fer-alumine. Après la formation du dépôt, le liquide traverse des filtres de cendres de 0 m. 90 d'épaisseur et se rend à la rivière.

Le dépôt, soumis à l'action des presses, contient encore, pour 100 parties, 2,45 de chaux, 2,01 d'alumine, 0,55 d'oxyde ferrique, 0,47 d'anhydride sulfurique, 2,22 d'acide carbonique, 0,11 de sable et matières siliceuses, 12,74 de substances organiques, 2,14 de soude, etc.

Ce dépôt, lavé, peut être utilisé de nouveau, au moins pour fabriquer des papiers grossiers.

Tannage. — Les résidus des tanneries sont des plus nuisibles, car ils contiennent des matières organiques putrescibles, qu'il est impossible de précipiter par les procédés ordinaires.

A Colne, ces résidus, après un séjour dans des bassins, traversent des filtres oxydants formés de couches de terre et de cendres disposées pour laisser pénétrer le plus d'air possible. Mais ce procédé de purification est extrêmement lent. Dans certains ateliers, on réussit à se débarrasser de toutes les matières en suspension, mais seulement de 30 o/o des substances dissoutes ; l'ammoniaque provenant des matières albuminoïdes est réduit d'environ 40 o/o. Les nombreuses variations de la nature des liquides rendent difficile la purification.

Fabrication des alcalis et des savons. — Les résidus des fabriques d'alcalis sont traités dans toute l'Angleterre par le procédé de Chance, pour l'extraction du soufre.

On emploie aussi d'autres procédés. Le plus souvent, les liquides, recueillis dans des conduits souterrains, sont envoyés par des pompes sur un filtre d'oxyde de fer. Les sulfures sont oxydés et le précipité formé se dépose dans deux bassins que le liquide traverse. Un second filtre à oxyde agit sur les traces de sulfures qui ont échappé à la première oxydation.

Lorsque le volume de liquide à traiter est considérable, on le mélange avec un sel ferrique.

Galvanisation du fer. — Les résidus de la galvanisation du fer proviennent des bains d'acides sulfurique ou chlorhydrique qui servent à décaper les plaques de tôle avant de les plonger dans le zinc fondu. Ces bains tendent à se saturer de sels de fer et doivent être rejetés lorsque leur action devient trop faible.

Avec l'acide sulfurique, le résidu se compose d'une solution de sulfate de fer ; on peut ajouter de la chaux, qui forme du sulfate de calcium, et met en liberté l'oxyde de fer. Ce produit est parfois recueilli et employé comme matière colorante. Dans les usines où l'on se sert d'acide chlorhydrique, le résidu est une solution concentrée de chlorure de fer ; on obtient alors de bien meilleurs résultats par la méthode de régénération de Turner, qui a été installée en 1891 à Walsall. Le liquide, évaporé à la chaleur d'un feu de coke, laisse déposer du chlorure de fer. Ce précipité est recueilli et chauffé sur le même foyer ; il se décompose en oxyde de fer et chlore. Le gaz rencontre la vapeur d'eau qui s'échappe du liquide et reforme de l'acide chlorhydrique, qui est condensé dans une tour et employé ultérieurement. L'oxyde de fer peut servir à garnir les fours à puddler.

Bruxelles (Belgique). — *Égouts* (1). — Avant les travaux exécutés de 1867 à 1875, la Senne, dans la traversée de Bruxelles, était le réceptacle commun des eaux sales écoulées par les égouts ou déversées par les maisons et par les usines riveraines. L'extension du nombre des maisons avait amené un état d'infection intolérable.

Aujourd'hui, la Senne est isolée des égouts qui, par conséquent, ne peuvent plus être envahis par les eaux des crues. L'écoulement total à l'égout est absolument général et deux collecteurs aboutissent à l'usine de Haeren, à 5 kilom. de la ville, où des pompes rejettent les eaux d'égout dans la Senne, une partie servant à irriguer des terrains (2).

Le drainage des maisons est réalisé par des conduits en grès de 0 m. 23 ou en maçonnerie de briques de 0 m. 36 × 0 m. 30 dans œuvre.

En 1883, il n'existait plus à Bruxelles que 60 fosses fixes.

Les tuyaux de chute des latrines sont munis d'une fermeture hydraulique consistant soit en un *chaudron* (fig. 68) placé au bas du tuyau, soit en un siphon placé immédiatement sous l'entonnoir (fig. 69).

Les entonnoirs sont, les uns à chasse d'eau, avec ou sans clapet ou cuiller, les autres sans raccordement à la distribution d'eau. Ces derniers sont lavés par la projection, dans les latrines, des eaux de lavage.

On dépense environ, à Bruxelles, 30 litres d'eau par habitant et par jour pour tous les besoins domestiques.

(1) Situation résumée d'après la visite de la Commission technique d'assainissement de Paris et l'exposé de M. Van Mierlo.

(2) Voy. Maus, Cluysenaer, Derote et Van Mierlo, *Assainissement de la ville de Bruxelles* (*Ann. d'hyg.*, 1876, 2e série, tome XLV, p. 97).

Toutes les maisons ont, indépendamment de l'eau de distribution, une citerne à eaux pluviales.

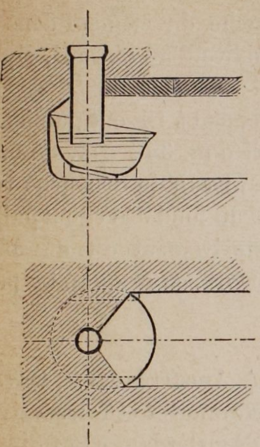


Fig. 68. — Chaudron pour latrines avec immersion de 0,015 à 0,04, en usage à Bruxelles.

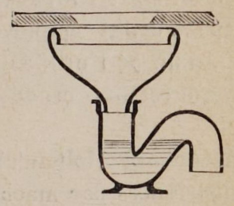


Fig. 69. — Siphon pour latrines dites *demi-anglaises*, avec immersion de 0,025 à 0,04, en usage à Bruxelles.

Presque tous les cabinets donnent sur des cours ou des jardins, par une petite fenêtre qui suffit à la ventilation.

La pente du tuyau d'écoulement faisant suite au tuyau de chute jusqu'à l'égout varie de 0,01 à 0,03.

A Bruxelles, la règle est une maison entière occupée par une seule famille. La cuisine est, soit dans les souterrains, soit au rez-de-chaussée. L'égout privé passant sous le pavage du souterrain reçoit, par différentes ramifications, toutes les eaux sales et toutes les matières fécales de la maison. Les eaux provenant des souterrains et du rez-de-chaussée sont versées dans des bouches *ad hoc* ; celles provenant des étages sont généralement déversées dans les latrines. Les eaux pluviales des cours et jardins vont

aux égouts privés, celles des toitures sont recueillies dans des citernes. Celles-ci ont un trop-plein débouchant aux égouts privés.

Le tuyau d'écoulement débouche directement dans l'égout de la rue, sans l'intermédiaire d'un puisard, siphon ni autre appareil.

Chaque maison a un branchement à l'égout public. Ces branchements sont en briques de 0 m. 36 à 0 m. 30 ou en tuyaux de grès de 0 m. 23. Le niveau du débouché varie entre 0 m. 30 et 1 m. au-dessus du fond de l'égout public. Le type d'égout employé exclusivement est de forme ovoïde, 2 m. × 1 m. 33 dans œuvre, en briques. La pente minimum est de 0 m. 003.

Amsterdam (Hollande). — A Amsterdam (1), les eaux sont distribuées par machines élévatoires et filtrées par le procédé anglais. Les environs d'Amsterdam n'ont ni véritables sources, ni rivières d'eau potable; il ne s'y rencontre pas une éminence sur laquelle on puisse établir un réservoir de distribution.

Amsterdam est obligé, pour se procurer de l'eau potable, d'extraire des dunes d'Haarlem, par un drainage très étendu, les eaux pluviales qui pénètrent leurs sables.

Il en est de même à Leyde.

Le canal de drainage, creusé jusqu'au sol peu perméable sur lequel reposent ces dunes, a 18 kil. de long.; sa plus grande largeur est de 4 mètres au plafond et de 15 à 16 mètres en gueule. Cette grande section a pour but de réduire assez la vitesse de l'eau pour prévenir les entraînements de matières solides.

En dépit de cette précaution, et malgré le faible débit du canal (18 à 20.000 mètres par 24 heures), l'eau arrive

(1) D'après un rapport de Couche.

ordinairement louche, et on doit la filtrer. Cette opération s'effectue comme à Londres (voir p. 282), à cela près que, l'eau n'étant pas aussi chargée que celle de la Tamise, les filtres ne sont pas précédés de bassins de décantation.

L'établissement hydraulique est situé à 5 kil. au sud d'Haarlem. L'eau y est amenée, à partir du point où le canal quitte les dunes, par une conduite souterraine, dont on répartit à volonté le débit entre les bassins de filtrage. Ceux-ci, au nombre de cinq, ont ensemble 13 à 14.000 m. de surface; en général, trois d'entre eux sont en service et deux en nettoyage, ce qui suppose, par mètre carré, le même travail qu'à Chelsea. Le nettoyage est plus fréquent ; il a lieu tous les dix jours, à cause de l'absence de bassins de décantation.

Ce qu'il y a de spécial dans les services d'eau hollandais, c'est la distribution continue sur colonne, *sans aucun réservoir*, car on ne peut donner ce nom à la cuve de quelques mètres qui couronne le pylône.

Cette cuve n'est même pas atteinte ordinairement par l'eau. Elle n'est là que comme en-cas, pour que, si la consommation vient à diminuer brusquement, le mécanicien ait le temps de modérer la machine et d'éviter l'envoi de l'eau au trop-plein.

L'eau doit être tenue dans la colonne à 3 hauteurs différentes, pour les trois services inégaux du matin, de l'après-midi et de la nuit.

L'usine d'Haarlem se compose de 3 machines de chacune 150 chevaux, conduisant des pompes à piston plongeur.

Amsterdam est au premier rang des villes d'Europe pour la propreté dans l'habitation, malgré qu'elle ne distribuait à ses 350.000 habitants (chiffre de 1883) que 16 ou 18.000 mètres d'eau par jour. Il est vrai qu'à Amsterdam les canaux permettent à chacun de puiser directement,

devant sa porte ou peu s'en faut, l'eau nécessaire aux nettoyages, mais encore faut-il qu'on veuille bien s'en donner la peine. On le fait là-bas, parce qu'on sait que, si l'on y est réduit, ce n'est la faute de personne ; mais ailleurs on ne le ferait pas.

Quand on voit les Hollandais, — ne pouvant avoir d'égouts dans leur sol à fleur d'eau, — rendre pratique leur remplacement par des tuyaux de 10 centimètres et accepter pour cela, à l'orifice des éviers et des autres évacuateurs d'eau, de véritables filtres (des grilles à mailles de un demi-millimètre), — quand on trouve chez eux des cabinets sans eau plus propres et souvent moins odorants qu'à Paris certains water-closets bien alimentés, on en vient à se dire que rien ne se passe en Hollande comme ailleurs. On admire que toute une population puisse avoir un tel sentiment des nécessités de sa situation, compenser dans une aussi grande mesure, par ses habitudes de soin et de propreté, des conditions d'hygiène absolument défavorables.

Hambourg (Allemagne). — Hambourg, le grand port de l'empire allemand, qui renferme 600.000 habitants, est pourvu d'une canalisation d'eau filtrée à peu près unique au monde.

Les travaux ont été commencés en 1890, et achevés en 1893 ; depuis, les eaux de l'Elbe, purifiées, circulent dans la grande cité hanséatique. L'ingénieur en chef des travaux est M. André Meyer.

Hambourg consomme 220 litres d'eau filtrée par jour et par habitant. La nouvelle prise d'eau de l'Elbe a été reportée à 2400 mètres en amont de l'ancienne, dans l'île de Billward, afin d'éviter la contamination par les impuretés de la marée. L'orifice du tuyau d'aspiration, de $2^{m}40$ de diamètre, est disposé pour empêcher l'introduction de

corps étrangers d'un certain volume. 5 pompes à vapeur aspirent l'eau et la refoulent dans 4 grands bassins de réception. Chaque pompe donne 45 coups de piston par minute et puise 1900 mètres cubes d'eau par heure; 4 pompes marchant 20 heures fournissent ainsi 150.000 mètres cubes. Chaque bassin de réception a 40.000 mètres carrés, est profond de 3 mètres et peut contenir 120.000 mètres cubes d'eau. Les 2/3 seulement de cette masse d'eau, 80.000 mètres cubes par bassin, peuvent s'écouler vers les bassins de filtrage; l'autre tiers, qui comprend les dépôts, est utilisé pour le nettoyage.

L'eau destinée à l'alimentation est dirigée, par un conduit de 2 m. 60 de diamètre, dans les bassins de filtrage, dont 18 fonctionnent. Leur superficie totale est de 7650 mètres carrés; le fond et les parois sont constitués par une couche d'argile revêtue de briques dures cimentées, ce qui les rend imperméables.

Voici le moyen de filtrage employé:

Sur le fond de chaque bassin, sur une hauteur de 0 m. 60, a été disposée une couche de pierres et de graviers, préalablement nettoyés, de trois grosseurs différentes, allant de bas en haut. Sur cette première couche de cailloux, on a disposé une couche de sable fin épaisse de 1 mètre.

Chaque bassin de filtrage peut fournir 11.500 mètres cubes d'eau pure par jour; aussi, les 18 bassins ne fonctionnent-ils pas tous à la fois; on les nettoie chacun leur tour, après quinze jours de fonctionnement. Les eaux filtrées sont finalement conduites dans la canalisation de la ville, d'où elles pénètrent dans les habitations. Il existe en outre, à Hambourg, un bassin d'eau pure en réserve. Les mesures ont été prises pour éviter l'influence de la gelée.

Les dépenses de premier établissement de cette installation modèle ont été de 19 millions de francs.

Berlin (Allemagne). — Berlin est bâtie sur un terrain très bas, au milieu d'une plaine sablonneuse (1).

Jusqu'en 1874, elle ne possédait pas de canalisation souterraine. Les égouts, commencés à cette date, ont été construits suivant le système radial, les collecteurs dessinant des rayons du centre à la périphérie. (La ville offrant peu de pente, on ne pouvait y établir un collecteur unique.) La ville est divisée ainsi en 12 zones, dont les collecteurs d'égouts se rendent à 12 puits, d'où des machines élévatoires envoient les eaux dans des conduites aboutissant à des champs d'épuration. Les égouts reçoivent les eaux de pluie, les eaux vannes et matières fécales de 1.500.000 habitants. Le lavage des water-closets est maintenant obligatoire, et les fosses fixes supprimées.

Autrefois, Berlin alimentait ses maisons en puisant directement les eaux dans la nappe souterraine, par des pompes. Mais cette nappe, voisine de la surface du sol, s'imprégnait les détritus des fosses fixes.

Depuis 1856, on a établi une double canalisation qui comprend :

1° Une distribution au moyen de l'eau de la Sprée, puisée à Stralau, en amont de la ville ;

2° Une distribution d'eau provenant du lac Tagel, situé à 10 kilom. au N.-O. de Berlin ;

Une troisième distribution, alimentée par 23 puits, a été abandonnée depuis que l'eau de ces puits est devenue ferrugineuse.

Le service public se réduit à 8.000 mètres cubes d'eau par jour, affectés à l'arrosage par tonneaux.

Il y a peu de fontaines.

Berlin ne reçoit encore que la faible quantité de 75 litres

(1) Voy. Launay, *Assainissement de Berlin* (*Annales des Ponts et Chaussées*, septembre 1895).

d'eau par jour et par habitant (100.000 mètres cubes par jour en tout), mais qui sera bientôt doublée. Ces eaux sont filtrées dans des bassins contenant à la partie inférieure des pierres, puis du gravier et, en haut, du sable. On commence par mettre les bassins en travail, en laissant arriver l'eau déjà filtrée par la partie inférieure. Lorsque cette eau filtrée est parvenue de quelques centimètres au-dessus du sable, on fait arriver l'eau à filtrer et on la laisse reposer 24 heures. C'est alors seulement que commence la filtration.

L'eau, mesurée par compteur, est vendue 0 fr. 375 le mètre cube aux immeubles.

On estime à 60 litres par habitant le cube annuel de l'eau de pluie.

Les égouts reçoivent, à chaque maison, un branchement en poterie amenant toutes les matières de vidanges, les eaux ménagères et les eaux des toits. Les eaux pluviales de la rue s'y déversent par des bouches établies tous les 50 mètres; elles sont reçues dans un puisard à grille qui retient les sables et substances solides et laisse écouler les liquides dans la canalisation. Chaque rue possède deux canaux, dont l'un est plus petit que l'autre, et qui communiquent de distance en distance.

Nous donnons (fig. 70 à 73) quelques types d'égout berlinois, et un puisard pratiqué dans une bouche d'égout.

On n'envoie pas dans les puits toutes les eaux; les plus pures, celles qui proviennent des condenseurs de machines, des bains et des fontaines publiques, sont envoyées directement à la rivière, ce qui diminue le volume d'eau à employer en irrigations. Dans ces puits, existe un trop-plein qui permet, lorsque, en temps d'orage, les machines ne peuvent tout enlever, d'écouler le reste dans la Sprée. Cela arrive 5 à 6 fois par an. Les eaux envoyées à la Sprée représentent 1/5 du volume total.

On évalue à 8 heures le temps que met le reste des eaux usées à venir des égouts secondaires jusqu'aux domaines

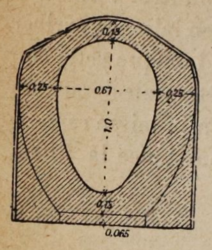


Fig.70— Egout ovoïde de 1 mètre de hauteur.

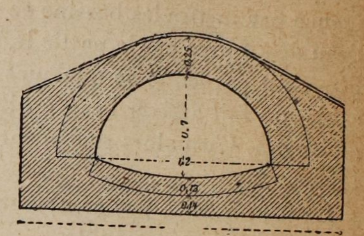


Fig.71— Déversoir de nécessité à Berlin.

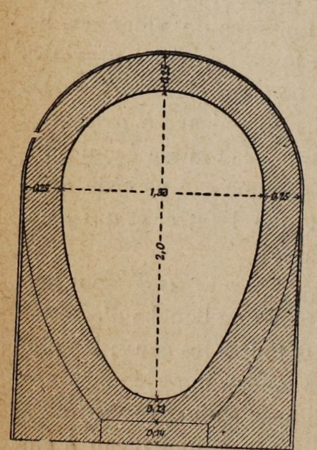


Fig.72— Profil de l'égout ovoïde de 2mètres de hauteur, à Berlin.

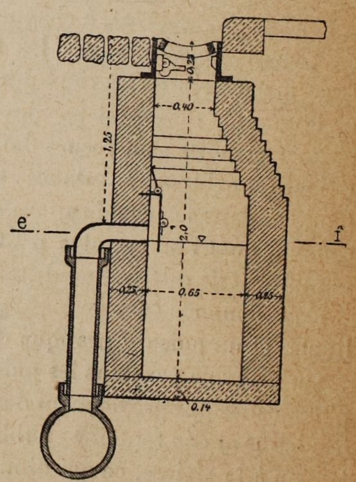


Fig.73— Puisard pratiqué sous une bouche d'égout, à Berlin.

d'irrigation, situés à 15 et 20 kilomètres de Berlin. La distribution sur les champs s'opère à l'aide de conduites maîtresses en fonte avec robinets-vannes, et de conduites se-

condaires en poterie, la plupart à ciel ouvert, fermées par des vannes en bois.

On cure de temps en temps les fossés ou rigoles; les dépôts des curages, amassés sur le bord des routes, n'ont aucune odeur; on les vend comme engrais.

Tous les terrains irrigués servent à la culture. Mais comme on ne peut arroser facilement en hiver, parce que l'herbe meurt sous la glace, on verse alors l'eau arrivant en trop grande quantité dans de larges bassins (champs un peu en dépression, sans culture, entourant les terrains cultivés),où cette eau s'écoule lentement par imbibition,en laissant une couche qui, en se desséchant, se mêle à l'humus. On les ensemence, pendant l'été, en blé, seigle et avoine. Mais le procédé n'épurant pas suffisamment les eaux, on y renonce de plus en plus pour arroser en hiver tout ce qui n'est pas prairie.

Les terrains consacrés à la culture courante sont disposés en raie et billons, comme à Gennevilliers, mais avec des largeurs plus grandes; le sol est aussi aménagé en prairies par planches unies au moyen d'une rigole supérieure et centrale.

La culture porte sur les plantes potagères, les arbres fruitiers, les roses, les violettes, etc. On élève aussi des bestiaux dans des prairies.

Les domaines irrigués sont au nombre de 15, répartis en deux groupes, l'un au nord, l'autre au sud de Berlin. Leur superficie totale est de 9.000 hectares, dont 6.500 environ complètement aménagés pour l'irrigation, recevant en moyenne 13.602 mètres cubes d'eau d'égout par hectare et par an.

Le sol repose sur une couche imperméable située à moins de 1 mètre en beaucoup d'endroits. La presque totalité de la superficie irriguée est drainée à l'aide de tuyaux

placés de 1 mètre à 1m. 50 de profondeur et espacés de 5 à 6 mètres.

Les eaux des drains sont aussi buvables qu'une eau de source.

Une preuve de la salubrité de l'opération, c'est qu'on a installé, au centre des terrains irrigués, deux asiles de convalescents et une école, tant l'état sanitaire est excellent.

Dantzig (Allemagne). — Dantzig renferme de l'eau à peu de profondeur dans son sol; dans ce cas, on draine

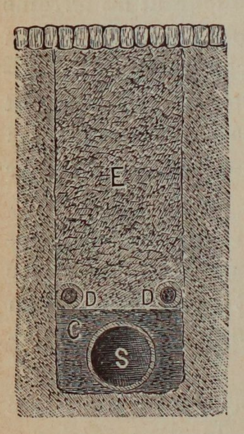


Fig.74— Egout et drains, tuyaux à Dantzig.

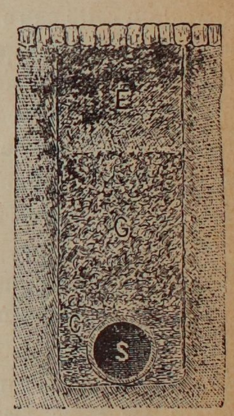


Fig.75— Egout et gravier drainant à Dantzig.

cette eau souterraine dans les tuyaux d'égouts, pour restreindre l'humidité.

Pour cette canalisation, Wrebe et Latham ont nettement séparé les tuyaux d'égout et les drains, mais en les renfermant dans la même tranchée. Le tuyau d'égout S (fig. 74) en briques ou en poterie, est au fond de la fosse et recouvert d'argile pateuse C bien foulée. Sur cette couche d'argile reposent deux lignes de drains ordinaires D, placés de

chaque côté de la tranchée et correspondant au niveau moyen de la nappe souterraine. Le reste de la fosse est comblé avec la terre commune. Une dérogation à ce procédé a été admise sur quelques points (fig. 75), où les tuyaux de drainage ont été remplacés par une simple couche de gravier G parfaitement perméable.

Lorsque le niveau de la nappe souterraine est par trop près de la surface du sol, on renonce à la maîtriser. Mais néanmoins, l'on en sépare absolument même l'étage le plus inférieur de la maison. Au lieu de chercher à abaisser l'eau souterraine, on élève l'habitation sur pilotis ou sur des assises de maçonnerie, comme cela se pratique sur le sol imbibé de la Hollande et sur quelques plages du littoral allemand.

Vienne (Autriche). — C'est en 1836 que l'on essaya d'organiser un service régulier de distribution d'eau à Vienne, consistant à capter les eaux dans des galeries établies sur l'une des rives du canal du Danube. Cette eau étant devenue mauvaise, on y renonça plus tard.

En 1873, on dériva par un aqueduc les eaux dites de François-Joseph, pour amener les hautes sources de Kaiserbrunn et de Stixenstein, situées à 80 kilomètres au sud de Vienne. Cette dérivation donne tantôt 250.000, tantôt seulement 40.000 mètres cubes d'eau par jour ; pour obvier à l'inconvénient d'un débit aussi variable, on a installé, en 1878, un service de machines puisant l'eau dans la nappe souterraine.

La distribution de l'eau dans les immeubles est imposée à raison de 34 litres par habitant, avec un minimum de 566 litres par maison. On paie 34 fr. par an pour une fourniture d'un mètre cube par jour.

L'alimentation est encore assez faible : 170 litres d'eau par jour et par habitant. Et la banlieue de Vienne, qui

comprend 400.000 habitants, est très mal desservie. Pourtant de grands progrès ont déjà été réalisés sur l'ancien état de choses.

Ainsi, de 1851 à 1859, au temps où Vienne était alimenté par les mauvaises eaux du Danube et des puits, la mortalité par la fièvre typhoïde atteignait 2 pour 10.000 habitants. A partir de 1859, où des travaux furent exécutés pour rendre étanches les parois des canalisations et empêcher la filtration des égouts aux puits, la mortalité par la fièvre typhoïde tomba à 1, 2 pour 10.000 habitants. Depuis 1874, époque de la dérivation des hautes sources, cette mortalité est descendue à 0,58. La preuve que c'est bien l'introduction des eaux de sources dans la consommation qui a assaini Vienne, c'est qu'en 1876-77 les hautes sources ayant été gelées, on fut obligé de distribuer dans certains quartiers des eaux du Danube, et que ce changement provoqua une épidémie de fièvre typhoïde, dont les 5/6 des cas se manifestèrent dans les quartiers où l'eau du fleuve avait été provisoirement envoyée.

Depuis de nouvelles sources ont été captées et permettent une alimentation régulière; aussi, la mortalité par la fièvre typhoïde n'est-elle plus que de 0,11 par 10.000 habitants.

Naples (Italie). — Jusqu'en 1884, la ville de Naples ne disposait, pour ses 500.000 habitants, que de 17 à 25.000 mètres cubes d'eau par jour, soit à peine 50 litres par habitant et par jour, amenés dans les puits des habitations. Les quartiers bas étaient alimentés par des sources et par des puits, au moyen d'une nappe aquifère très rapprochée du sol et souillée par l'infiltration des eaux des fosses d'aisances. Ces conditions déplorables avaient causé, en 1879-81, une mortalité annuelle de 32 et 34 pour 1.000.

A partir de 1885, l'usage des eaux du Serino (sources Urcioli) a fait changer cette situation : une conduite traverse la vallée qui s'étend de Naples au massif montagneux où sont les sources. Un siphon renversé, de 20 kilomètres de long, traverse cette vallée à partir de Cancello. La conduite a une longueur totale de 80 kilomètres.

Les eaux recueillies, qui n'ont jamais une température de plus de 12°, sont celles des infiltrations souterraines qui coulent sur une couche imperméable, placée à 12 mètres au-dessous du sol. La zone drainée est d'environ 3 hectares. Les sources sont captées à la cote 330 mètres.

La conduite est en galerie sur 10 kilom. 1/2. Le souterrain principal a 3.200 mètres, les aqueducs, 1.800 mètres. Deux grands réservoirs reçoivent l'eau et la distribuent dans la ville.

L'eau amenée ainsi est de 172.000 mètres cubes par jour, ce qui fait, avec quelques autres eaux, 370 litres par habitant et par jour en moyenne.

L'eau est vendue 0 fr. 25 le mètre cube.

Depuis que l'eau des réservoirs alimente Naples, l'état sanitaire s'est considérablement amélioré.

Le système a été complété par l'application du tout à l'égout et par l'envoi des matières à la mer. Ces derniers travaux d'assainissement ont été commencés en 1886.

Venise (Italie). — Jusqu'en 1866, l'eau d'alimentation de Venise provenait exclusivement de citernes où l'on recueillait l'eau de pluie, préalablement filtrée.

Les citernes (fig. 76) sont en argile battue; au centre est un puits en briques sèches; le reste est rempli de sable, à travers lequel filtre l'eau. Des dalles inclinées vers une galerie recouvrent la citerne ; la galerie fait le tour de la citerne dans le sable, et communique avec la surface

extérieure par quatre ouvertures par lesquelles pénètre l'eau de pluie.

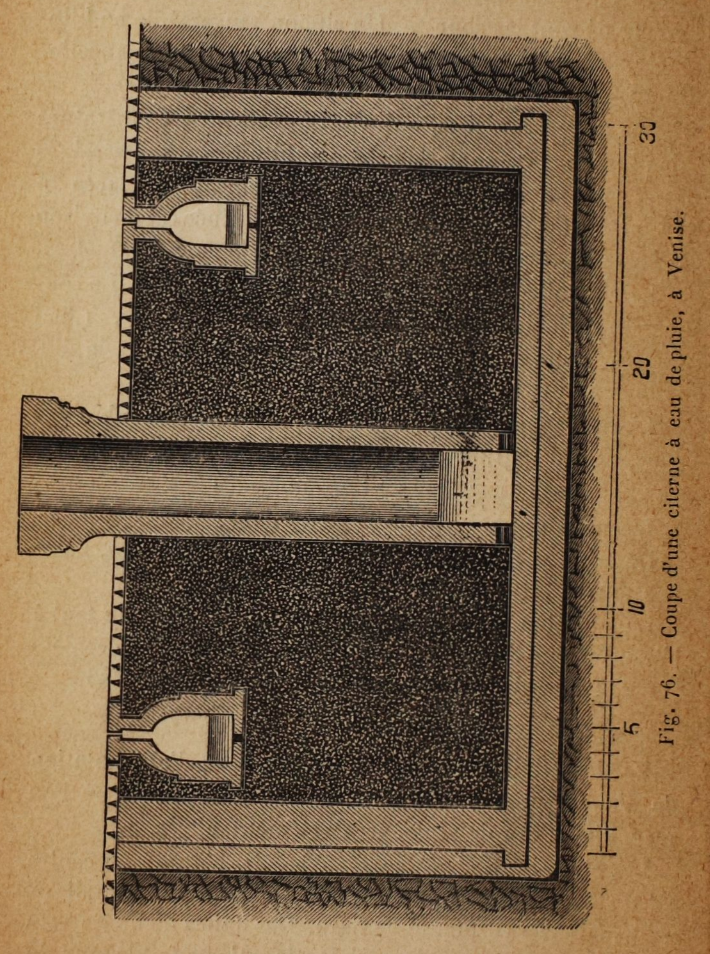


Fig. 76. — Coupe d'une citerne à eau de pluie, à Venise.

Il existe encore 120 citernes à Venise, mais la ville est alimentée surtout par l'eau d'une canalisation nouvelle.

Depuis 1884, en effet, Venise reçoit par jour 5.200 mètres cubes d'eau, soit 40 litres par habitant, quantité jugée suffisante pour une ville qui n'a pas de voitures, qui est bâtie sur l'eau et qui n'a presque pas de jardins.

Les eaux dérivées sont celles de la Serio la Veneta, prises à Moranzano, et filtrées dans des bassins contenant du sable et du gravier.

Les eaux, en sortant des filtres, sont envoyées par une conduite, passant au-dessous de la lagune, dans le réservoir Sant'Andrea ; des pompes y puisent l'eau et l'envoient dans les conduites de distribution.

Mais ces eaux n'étant pas excellentes, la ville de Venise a décidé, en 1889, de capter, au moyen de puits artésiens, les sources souterraines de Sant'Ambroglio, à 25 kilomètres de Moranzano, qui sont à une température constante de 11 degrés et qui porteront à 66 litres par habitant et par jour la quantité d'eau disponible.

Porto (Portugal). — La ville de Porto (130.000 habitants) est alimentée, depuis 1886, à raison de 100 litres par jour et par habitant, par les eaux puisées dans le Rio Souza, affluent du Douro, à 12 kilomètres en amont de la ville. Des pompes élévatoires puisent l'eau de ce cours d'eau, après filtrage, et la refoulent dans le tunnel-réservoir du mont Jubim à la cote 140 mètres. De ce réservoir, l'eau est amenée par une conduite sous pression de 12.780 mètres, au réservoir d'arrivée de Sao Izidro, à Porto, dont le niveau supérieur est de 125 mètres.

La ville est bâtie en amphithéâtre, sur la rive droite du Douro ; les quais y sont à la cote de 5 mètres. L'eau est fournie jusqu'au 1er étage pour les maisons situées à l'altitude la plus élevée et dont les rez-de-chaussée sont à la cote 145. Par suite, la ville est divisée en 3 zones. La zone moyenne (entre 40 et 100 mètres d'altitude) est desservie

par le réservoir d'arrivée. La zone inférieure (au-dessous de 40 m.) est desservie par le réservoir Sao Joao da Foz, situé sur une colline et dont l'eau atteint le niveau de 61 mètres. La zone supérieure (au-dessus de 100 m.) est desservie par un réservoir établi sur le mont dos Congregados, alimenté par une usine à vapeur et où l'eau atteint le niveau de 161 mètres.

Les quatre réservoirs ont une capacité totale de 24.000 mètres cubes.

L'eau amenée à Porto ne mesure qu'un degré à l'hydrotimètre et est exempte de carbonate de chaux. Elle est filtrée dans des bassins précédant les réservoirs. La couche filtrante (0 m. 60) est constituée, à sa partie supérieure, par un lit de sable fin, de 0 m. 10, puis par un lit de gros sable reposant sur 2 couches de gravier de grosseurs différentes (les plus gros au-dessous), ayant chacune 0 m. 15 d'épaisseur. On peut recueillir 15.500 mètres cubes d'eau filtrée par 24 heures. La longueur totale de la canalisation en ville est de plus de 72 kilomètres.

Scutari et Kadi-Koi (Turquie). — Scutari et Kadi-Koi, faubourgs asiatiques de Constantinople, sont alimentés depuis 1890 par la captation et l'emmagasinement, par un barrage, des eaux de Gueuk-Sou. Ce barrage est une digue de 320 mètres de long et d'une hauteur maximum de 21 m. 70. L'eau du lac artificiel ainsi obtenu s'écoule par deux conduites de 0 m. 80 de diamètre intérieur qui aboutissent à un filtre.

Le filtre se compose d'un amas de gravier de 0 m. 67 de haut, surmonté d'une couche de sable de 0 m. 60.

L'eau filtrée est conduite, par un tuyau de 0 m. 50 de diamètre, vers un bassin spécial pouvant contenir 500 mètres cubes. C'est de là que les eaux sont refoulées, par des pompes, aux réservoirs de Scutari.

On fournit ainsi par jour 10 à 12.000 mètres cubes d'eau à 150.000 habitants.

Alger (Algérie). — La ville d'Alger, au point de vue des égouts, comprend trois zones. La première, desservie par le collecteur, dit de Bab-Azoun, qui se déverse au pied du fort de ce nom, au sud de la ville ; la deuxième, desservie par le collecteur dit de Bab-el-Oued, qui se déverse au nord, derrière la caserne du génie ; la troisième, desservie par le collecteur de la rue de la Marine, qui se déverse en dehors du port, à l'enracinement de la jetée de l'Amirauté.

Enfin, le quartier extérieur de Bab-el-Oued est desservi par le collecteur de l'Oued M'Kacel, qui se jette sur la plage.

Tous les égouts d'Alger se déversent donc dans la mer, en dehors du port, à part quelques petits embranchements sans grande importance, desservant les voûtes des quais.

En outre, on pratique partout, à Alger, le tout à l'égout, le règlement de voirie interdisant l'évacuation par tout autre système.

Il existe des égouts dans presque toutes les rues, mais beaucoup sont trop petits, vieux et en mauvais état, mais dans la haute ville, les fortes pentes atténuent les inconvénients qui peuvent en résulter.

La longueur des collecteurs, à section suffisante pour qu'on puisse les visiter, atteignait 10 kilomètres en 1893. La pente minimum de ces égouts est généralement de 0 m. 01 par mètre. Les pentes de 0 m. 03 et de 0 m. 05 sont fréquentes et souvent même dépassées.

On projette d'installer des conduites fermées pour les eaux ménagères dans les égouts visitables, de construire une usine de refoulement des eaux d'égout à l'extrémité du collecteur de Bab-Azoun, enfin d'établir des conduites fermées pour les eaux vannes, dans toutes les rues où les égouts ne sont pas actuellement visitables.

En 1893, Alger recevait par jour 5.500 mètres cubes d'eau, soit environ 70 litres seulement par habitant; il est question d'augmenter cette alimentation par l'adduction des eaux de Baba-Ali, de l'Oued-Mocta, etc.

New-York (États-Unis). — New-York a reçu chaque jour, en 1894, 706.000 mètres cubes d'eau par aqueducs, soit environ 365 litres par habitant et par jour (pour 1.925.000 habitants). Mais les derniers travaux du grand aqueduc souterrain du Croton peuvent porter la quantité disponible à 1.000 litres d'eau environ par jour et par habitant.

C'est depuis 1842 que New-York est alimentée par le bassin du Croton, qui reçoit les eaux d'une petite rivière qui se jette dans l'Hudson, à 40 kilom. de la ville. On a créé, au Parc central, un vaste réservoir pouvant contenir 2 millions de mètres cubes.

Non seulement la population de New-York augmente rapidement, mais encore les besoins par tête d'habitant ont progressé, au point que la consommation journalière par habitant est passée, en quelques années, de 95 à 280 et même à 365 litres.

Aussi, en 1883, on commençait les travaux de captage de l'eau de nouveaux lacs et l'on augmentait l'emprunt fait au Croton.

Enfin, un grand barrage, peut fournir à la ville un appoint d'eau considérable. L'aqueduc qui amène l'eau provenant du Croton, par ce barrage, a une section circulaire de 3 m. 60 à 4 m. 48 de diamètre et peut débiter seul 800.000 mètres cubes d'eau par jour.

L'ancien aqueduc amenait, avant 1886, 430.000 mètres cubes d'eau par jour; en 1886, cette quantité était portée à 454.000 mètres cubes par la dérivation de la rivière Broux; avec le nouvel aqueduc, la quantité totale peut aller jusqu'à 1.300.000 mètres cubes par jour.

En arrivant au Parc Central, à New-York, le nouvel aqueduc forme une chute de 3 m. 20. La masse des eaux, dont le niveau moyen est de 32 mètres au-dessus de City Hall, assure, par une pression énergique, une distribution d'une grande régularité dans les diverses parties de la ville. Ces travaux ont coûté 130 millions de francs.

L'eau distribuée à New-York est bonne, mais a le défaut d'avoir une température trop instable, puisqu'elle varie de 1 jusqu'à 24 degrés.

L'eau est vendue au compteur 0 fr. 16 le mètre cube.

Boston (États-Unis). — Le port maritime de Boston, bâti au fond de la baie de Massachussets, sur une péninsule. possède, depuis 1848, un large approvisionnement d'eau.

Le lac Cochituate, les eaux du Sudbury et du Mystic River alimentent la ville par des aqueducs conduisant ces eaux dans de vastes réservoirs, d'où elles se rendent, par l'action de la pesanteur, dans les conduites de distribution de la ville, à l'exception des quartiers élevés desservis par des pompes. En 1881, Boston dépensait par jour 420 litres par habitant.

Autrefois, les égouts y étaient très défectueux (beaucoup étaient en bois et à fond plat) et débouchaient dans le port à un niveau inférieur à celui de la haute marée, ce qui faisait que, les bouches étant presque toujours submergées, les égouts se remplissaient à chaque marée montante. On remédia en partie à cet inconvénient, en plaçant aux bouches d'égout des écluses qui se fermaient à la marée montante et se rouvraient à marée basse; mais alors, une fois les écluses fermées, les eaux s'accumulaient en arrière. Mais cela n'empêchait pas les eaux et matières d'égout, écoulées dans la mer à marée basse, d'être ramenées par la marée montante sur les plages des environs et de transformer le port en un véritable cloaque.

En 1876, on entreprit des travaux d'assainissement devenus indispensables, consistant dans l'envoi de toutes les eaux d'égout dans un collecteur cylindrique général de 5 kil. 15 de long et d'un diamètre de 3 m. 20 à 2 m. 22, se rendant à l'usine élévatoire de Old-Harbor Point, à 1 kil. 1/2 de toute habitation. De là, les eaux sont élevées à 10 mètres environ, puis, conduites par un émissaire (établi en conduite forcée sous la baie), dans des réservoirs où elles séjournent durant la marée montante et les dernières heures du baissant; la vidange à la mer ne s'effectue que durant les deux premières heures du baissant, à chaque marée. Ces travaux ont coûté 33 millions.

L'endroit où se déversent les eaux d'égout dans le port, Moon Island, a été choisi de façon que les eaux impures, après leur entraînement à quelque distance vers le large, ne rencontrent pas de courants capables de les ramener sur quelque point du littoral, où elles formeraient des dépôts infects.

En cas de réparations au grand collecteur, on peut, au moyen des écluses dont sont munis les égouts à leur débouché dans le grand collecteur, fermer toute communication avec ce collecteur ; dans ce cas, les égouts se déchargent momentanément dans le port, par les anciens débouchés que l'on a conservés, mais qui sont munis de portes d'écluses solides.

Avant d'atteindre les pompes de l'usine élévatoire, les eaux usées passent sur des grilles épuratoires, où sont interceptés les corps en suspension (papiers, chiffons, bois, débris divers).

Chicago (États-Unis). — Chicago, peut-être en raison de sa fabrication de viandes salées, est la ville du monde qui détient le record de la consommation d'eau. Cette grande cité avale et rend périodiquement une grande par-

tie des eaux du lac Michigan (qu'elle puise à de grandes profondeurs dans ce réservoir naturel inépuisable) sur les bords duquel elle a été construite. Sans le lac Michigan, il y a longtemps que cette laborieuse ruche américaine aurait été empoisonnée par ses abattoirs, ses fondoirs et ses innombrables ateliers d'équarrissage.

Toujours est-il qu'en 1894 les huit stations d'élévation d'eau qui alimentent Chicago ont donné une moyenne par jour de 920.000 mètres cubes, ce qui fait par an 335 millions de mètres cubes, soit, pour 1.600.000 habitants, une moyenne de 575 litres par jour et par habitant (1).

L'augmentation très rapide de la population de Chicago et le développement des industries insalubres se sont combinées néanmoins pour faire de cette belle cité américaine un cloaque. Les rives du lac Michigan se sont peu à peu infectées de microbes : on ne peut en boire l'eau qu'à la condition de l'aller puiser dans un château d'eau situé au milieu du lac, dans la partie supposée potable, à plusieurs kilomètres de distance. Un tunnel amène l'eau dans Chicago et les hygiénistes s'accordent à la considérer d'ores et déjà comme suspecte.

Les habitants ont pris le parti de se débarrasser de leurs eaux vannes autrement qu'en les envoyant dans le lac déjà saturé : mais l'épandage ne les a pas séduits. Ils creusent un canal de grand débit qui recevra toutes les matières usées et les précipitera dans le Mississipi.

Le canal, commencé en 1893, aura 60 kil. de longueur,

(1) Cette proportion élevée est d'ailleurs dépassée dans beaucoup de villes américaines moins importantes. Il est bon de noter que, au delà de la quantité largement suffisante aux besoins domestiques et même de luxe de la population et des usages municipaux, l'excédent ne correspond qu'à un gaspillage sans utilité. Quand l'eau vient naturellement il n'y a pas grand mal à la gaspiller ; mais lorsqu'il faut l'élever en brûlant du charbon pour la laisser retourner à la rivière sans l'avoir utilisée sérieusement, ce n'est plus une pratique méthodique : on tombe dans la fantaisie et dans l'abus.

7 m. 50 de profondeur et 60 mètres de largeur moyenne. Ce canal déversoir coûtera environ 110 millions.

Milwaukee (États-Unis). — Milwaukee, qui compte plus de 250.000 habitants, a terminé, en 1895, d'importants travaux d'alimentation d'eau qui assurent à chacun 500 litres par jour.

Depuis 1874, la ville était alimentée en eau potable par une conduite en fonte de 0 m. 90, qui se prolongeait dans le lac Michigan jusqu'à une prise d'eau située à 640 mètres du rivage.

En 1889, cette alimentation étant devenue très insuffisante, par suite de l'augmentation de la population, on résolut de percer un tunnel plus long sous le lac jusqu'à une profondeur de 43 mètres.

Ce tunnel, dont le diamètre est de 22 m. 85, se termine par un puits étanche montant jusqu'à la surface du lac. Deux lignes de tuyaux en fonte immergés, de 1 m. 523 de diamètre, conduisent ensuite jusqu'aux prises d'eau. La longueur du tunnel est de 975 mètres et celle des conduites de 1.523 mètres, soit en tout 2.598 mètres de conduites sous le lac.

Les travaux ont été très difficiles et ils ont coûté près de trois millions de francs, alors que 2 millions seulement avaient été prévus. M. Benzenberg a dirigé les travaux (1).

Coney-Island et Sheepshead-Bay (États-Unis). — Certaines villes peu importantes peuvent servir de modèle aux grandes cités pour les travaux d'édilité. C'est le cas de la petite ville de Gravesend, dans l'île de Long-Island (État de New-York) qui n'avait, en 1890, que 7.000 habi-

(1) Voir *le Génie civil* du 21 décembre 1895.

tants, dont 3.400 pour le faubourg de Coney-Island et le reste pour Sheepshead-Bay.

Le *Génie civil* a donné d'intéressants détails sur les installations sanitaires de cette ville.

Le réseau d'égouts de Coney-Island a été construit en 1891-92. Le mode d'épuration adopté a été le système diviseur. Le réseau comprend 20 kilomètres d'égouts et 25 kilomètres de conduites. Les égouts sont en ciment et ont de 0 m. 30 à 0 m. 60 de largeur.

A Sheepshead-Bay, le réseau forme, en plan, un contour circulaire.

On a dû l'établir sur fondations en pilotis, car le sol est peu élevé au-dessus du niveau de la mer, dans la baie.

L'installation d'épuration est située dans un terrain marécageux, susceptible d'être inondé par des marées hautes, près de l'embouchure d'un ruisseau.

L'égout collecteur, en ciment, de forme ovoïde, et large de 0 m. 60 au maximum, traverse le terrain marécageux et entre dans le bâtiment d'épuration du côté de la mer. Le bas niveau et le peu de pente ont nécessité le creusement d'un puits, dans lequel l'eau venant de l'égout est recueillie et d'où elle est refoulée dans des réservoirs d'épuration par des pompes. L'épuration commence au moyen de chaux qui se mélange avec l'eau, pendant que celle-ci se trouve dans le puits collecteur; le tout est ensuite refoulé dans des réservoirs contenant du perchlorure de fer.

Pour nettoyer les eaux avant leur arrivée dans les pompes, on les répand sur des cribles en fil de fer.

La boue qui se dépose est mélangée avec de la sciure de bois et est employée pour exhausser le sol autour du bâtiment d'épuration. On assure que cette accumulation de résidus est inoffensive, mais le fait mérite confirmation.

Vers l'orifice de décharge, l'eau est un peu blanchâtre; elle est envoyée dans un grand ruisseau d'eau salée.

Los Angeles (États-Unis) (1). — L'extraordinaire augmentation de la population de Los Angeles, en Californie, qui, de 1.183 habitants seulement en 1880, a atteint 70.000 en 1894, a nécessité de récents travaux d'assainissement.

Jusqu'en 1887, on se débarrassait du *sewage* en le concédant à une compagnie d'irrigation, mais le développement des constructions sur les terrains arrosés mit fin au système.

En 1892-94, on construisit, dans la ville même, trois collecteurs et, en prévision de l'avenir, on se basa, pour leur débit, sur une population possible de 200.000 âmes. Le débit quotidien pourrait alors être de 90.000 à 135.000 mètres cubes de sewage. Ces collecteurs ont de 0 m. 38 à 1 m. 26 ; la longueur totale du réseau d'égouts est de 27.819 mètres ; le coût a été de 1.568.635 francs. La vitesse minima du courant a été fixée à 0 m. 685 par seconde et la plus petite section des égouts à 0 m. 20. Un grand collecteur reçoit les eaux provenant de tous les autres et débouche finalement dans la mer. Ce grand collecteur, de 20 kilomètres de longueur, a un diamètre de 1 m. 02 à 1 m. 32 ; sa portée est de 910 litres par seconde, à la vitesse de 1 mètre. Ce dernier travail a coûté près de 2 millions de francs.

Chili. — Le Chili, longtemps arriéré au point de vue de l'hygiène, a fait, depuis plusieurs années, d'immenses progrès. Un premier Conseil d'hygiène fut institué à Santiago en 1872 ; la plupart des villes chiliennes en ont

(1) Voy. Ronna : *Assainissement des villes et des cours d'eau aux Etats-Unis*. (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, novembre 1896). Cette substantielle étude complète pour les Etats-Unis notre tableau de la page 87 en ce qui concerne la quantité d'eau dont disposent, par jour et par habitant, les villes du globe. Outre les villes citées plus haut, nous indiquerons les suivantes : Pittsburg (Pa), qui dispose de 695 litres d'eau par jour et par habitant ; Nashville, 663 ; Pittsburg (Pub.), 654 ; Newhaven, 613 ; Camden, 595 ; Paterson, 581 ; Froy, 568 ; Memphis, 563 ; Wilmington, 513 ; Cleveland, 468 ; Jersey-City, 440 ; Baltimore, 427 ; Omaha, 427, etc.

installé à leur tour. Le Dr L. Reuss a fait, sur cette question, une substantielle étude (1) dont nous donnons ici quelques extraits :

Iquique (Chili). — Les vieilles cités chiliennes avaient toutes des rues étroites, de 10 à 12 mètres de large au plus ; les grandes artères, les places, les squares, les jardins publics, les avenues plantées d'arbres étaient rares ou inconnues. Les immondices se déversaient dans des ruisseaux courant le long des maisons, quand on ne les jetait pas tout simplement à la rue ; l'eau potable devait être cherchée à des sources éloignées de la ville ou puisée dans des puits ou des citernes. Les maisons étaient basses et malsaines ; les fumiers, les ordures ménagères et jusqu'aux matières fécales pourrissaient dans leurs jardins ou leurs enclos. Actuellement, les rues ont presque toutes 20 mètres de largeur : le phénomène est d'autant plus remarquable que la principale rue de la ville, il y a peu d'années encore, n'avait que 5 mètres de large.

Valparaiso (Chili). — La loi pour la transformation de Valparaiso fut promulguée le 5 décembre 1876 : elle prescrit que les rues nouvelles, ouvertes dans la partie plate de la ville, auront 14 mètres de large ; les anciennes rues que l'on prolongerait devront avoir la largeur primitive de la rue prolongée ; les places publiques pourront avoir jusqu'à 120 mètres. Les rues actuelles de la partie plane de la ville auront 10 mètres de large, sauf certaines avenues et rues, plus importantes, dont la largeur variera de 16 à 20 mètres. Toutes les impasses devront être ouvertes ; il est défendu d'en construire de nouvelles. La hauteur maxima des édifices et des maisons particulières qui

(1) Dr L. Reuss, *l'Hygiène au Chili* (*Annales d'hygiène*, 1890, 3e série, vol. XXIV, p. 294).

se construiront ne pourra pas dépasser 16 mètres, à moins que ces constructions ne doivent s'élever sur une place, un parc, une large avenue : dans ce cas, leur hauteur pourra être de 20 mètres. Les matériaux de construction autres que la pierre, la brique ou le fer sont interdits, au moins pour les façades et les toitures. Enfin, le plan de toute construction devra être soumis au conseil municipal, qui s'assurera si les conditions de cette construction sont conformes aux règles de l'hygiène.

Valparaiso s'alimente avec l'eau tirée du grand réservoir de l'État, connu sous le nom *del Salto* (du Saut). Cette eau est versée par des pompes élévatoires dans de grands bassins, d'où elle est distribuée en ville par des conduites en fer. Elle est de très bonne qualité, ainsi que le prouve son analyse chimique et bactériologique. Le nombre des conduites placées dans les maisons était, au commencement de 1887, de 3.441. La quantité d'eau livrée journellement à la consommation était, à la fin de 1890, de 10.000 mètres cubes, ce qui correspond à 100 litres par habitant. La partie haute de la ville bénéficie, depuis 1889, de la distribution d'eau.

Santiago (Chili). — Un règlement analogue à celui de Valparaiso a été édicté pour Santiago ; les nouvelles rues de la ville auront 20 mètres de large, avec un trottoir d'au moins 5 mètres de chaque côté. Les avenues destinées aux promenades publiques ou conduisant en dehors de la ville auront 50 mètres de large au maximum, les places publiques 125 mètres sur chaque côté ; malheureusement les quartiers du centre ont été peu touchés par la loi de transformation. Bien qu'on ait élargi certaines rues, la plupart n'ont pas plus de 10 mètres de largeur ; aussi le Congrès national a-t-il été saisi d'un projet de loi tendant à élargir toutes les rues de la vieille ville, au

fur et à mesure de la reconstruction de leurs maisons.

Santiago se sert de l'eau de Ramon; la source prend naissance dans les premiers contreforts de la Cordillère et elle a un débit considérable. Cette eau est amenée, à travers des grilles en fer qui retiennent les matières solides, dans des bassins de clarification; de là elle passe dans d'énormes réservoirs construits de façon à pouvoir être nettoyés alternativement. Elle s'écoule ensuite par un aqueduc en maçonnerie, interrompu par de petits réservoirs, à la suite duquel elle entre dans les conduites en fer de la canalisation. La pression est suffisamment forte pour que l'eau monte facilement à la hauteur de plusieurs mètres. Les tuyaux sont répandus dans toute la ville et arrivent jusqu'aux faubourgs suburbains. La qualité de cette eau est excellente; la quantité est supérieure aux besoins, à tel point que, si l'on utilisait toute l'eau dont on peut disposer, on pourrait donner à chaque habitant de 250 à 300 litres par jour. Aussi a-t-on renoncé à l'usage des eaux de puits ou de citerne.

A Santiago, avec une grande pente et de l'eau en abondance, on a établi primitivement des canaux dans le centre des habitations, qui étaient destinés à l'arrosage des jardins et à d'autres besoins domestiques; avec le temps, ces canaux se sont convertis en de véritables cloaques, recevant les immondices des maisons et jusqu'aux matières [fécales. La longueur de ces *acequias*, en ne parlant que de la partie strictement urbaine, arrive à 116.340 mètres. La projection dans les canaux des eaux sales, des ordures ménagères, des matières fécales, du fumier des écuries, des balayures des maisons, avait fini par y accumuler une énorme quantité de matières organiques : des inconvénients résultaient de cette obstruction, d'autant plus que les *acequias* étaient tous à un niveau supérieur à celui des maisons. On eut alors l'idée, pour supprimer les

filtrations, éviter les accumulations et empêcher l'humidité, de niveler ces canaux et d'en faire de plus profonds. Les travaux furent exécutés dans les quartiers du centre en 1869 et en 1871 ; ils ont coûté 2.500.000 fr. Le nivellement consistait à assurer à chaque canal un niveau constant entre son point de départ et son point d'arrivée, à donner à son lit une profondeur de 2 à 3 mètres au-dessous du niveau du sol et à le couvrir d'une voûte en briques dans presque tout son parcours. Mais on commit l'erreur de donner aux nouveaux canaux la même direction qu'aux anciens, de multiplier et d'augmenter leurs courbes. Naturellement le courant s'est ralenti, les matières solides ont été retenues, et l'accumulation s'est produite de nouveau. On avait en même temps laissé dans beaucoup de maisons des ouvertures sur ces canaux, et les habitants ont continué à y jeter leurs ordures ménagères et les balayures de leurs logements. Le nettoyage périodique et difficile des canaux s'est donc imposé de nouveau, et l'opinion publique s'est prononcée pour l'abandon d'un système désormais condamné par l'expérience.

Aussi le gouvernement et la municipalité ont-ils mis à exécution un nouveau projet d'égouts.

Toutes les villes importantes du Chili bénéficieront de la même mesure. En effet, le gouvernement a présenté, en 1888, un projet de loi autorisant le pouvoir exécutif à employer, dans le délai de trois ans, une somme de 50 millions de francs pour la construction d'égouts dans la partie urbaine des capitales de provinces et de départements.

Buenos-Ayres (République Argentine). — La ville de Buenos-Ayres compte 680.000 habitants (1).

(1) Voir le mémoire de M. Parsons, présenté à l'*Institution of civil engineers* en 1896. Voy. aussi : Emile R. Coni, *Influence de l'hygiène sur la mortalite à Buenos-Ayres* (*Ann. d'hygiène*, 1895, 3e série, vol. XXXIII, p. 34).

Elle reçoit par jour 90.000 mètres cubes d'eau. L'eau distribuée a dû, faute de sources voisines, être empruntée au Rio de la Plata, à 5.600 mètres en amont de la ville; elle est très trouble et contient en suspension de l'argile délayée et du sable. Ces matières se déposent en grande partie au bout de quelques heures, mais le liquide conserve une teinte opaline. En le soumettant à des réactifs (chlorure de chaux, sulfate d'alumine ou de fer), on le débarrasse des parties les plus fines, et le filtre au sable le rend limpide.

La prise d'eau est protégée par une tour en maçonnerie; de là, l'eau est conduite par un tunnel à l'usine Precoleta, où sont établies les installations de clarification par dépôt et les filtres, ainsi que les moteurs et pompes. Des usines élévatoires envoient l'eau purifiée dans les 12 réservoirs de distribution qui cubent ensemble 72.000 mètres. De ces réservoirs partent les conduites de distribution. La distribution dans les immeubles s'effectue à robinet libre. Un réservoir spécial, destiné aux incendies, a 1.800 mètres cubes. MM. Batemon et Parsons ont établi, à Buenos-Ayres, un réseau d'égouts qui a fait cesser l'envoi des eaux usées et excrémentitielles dans des puisards sans revêtement étanche, qu'on épuisait à l'aide de récipients à vide. Aujourd'hui, les maisons sont drainées par de nombreux égouts aboutissant à des collecteurs (1). Les pentes varient de 1/150 à 1/500.

Les matières sont en dernier lieu déversées dans le fleuve par une conduite de décharge. Il n'y a pas de champ d'épuration et les détritus de la vie restent ainsi inutilisés.

(1) En 1890, Buenos-Ayres ne comptait que 1.074 maisons avec le tout à l'égout ; à la fin de 1893, plus de 15.000 maisons étaient pourvues du tout à l'égout et plus de 30.000 avaient des abonnements d'eau, soient presque toutes (alors qu'en 1887, près de 15.000 maisons n'avaient que de l'eau de puits). Aujourd'hui, les anciennes fosses fixes, les puisards et les citernes des cours ont été comblés.

Yokohama (Japon). — Yokohama, port de Tokio, qui est la capitale du Japon, était alimentée autrefois par 1.399 sources, dont 336 seulement donnaient de l'eau potable, et par une conduite en bois, qui amenait l'eau douteuse du Tamagawa. C'est la première ville de l'Empire Mikadonal, qui ait installé une distribution d'eau à l'européenne.

Yokohama prend aujourd'hui son eau au torrent du Sagami, dont les crues sont fréquentes et très fortes.

Aussi a-t-on renoncé à faire suivre à la canalisation la pente naturelle du torrent. Depuis la prise d'eau, qui est à 107 m. 80 au-dessus du niveau de la mer (aux basses eaux) jusqu'à l'entrée des pompes, il n'y a dans la gorge du torrent que 60 mètres de tuyaux.

A l'extrémité, l'eau est élevée, par deux pompes, à 16 m. 46, hauteur supérieure à celle des plus hautes crues du Sagami. L'eau s'emmagasine dans un grand clarificateur de 64 mètres sur 2 m. 44 et 1 m. 83 de profondeur ; il comprend deux compartiments. Entre le clarificateur et les réservoirs, il y a 29 kilomètres 6 ; la pente de la conduite d'amenée est de $\frac{1}{880}$; sur 28 kilomètres 3, la conduite est formée de tuyaux en fonte de 0 m. 457 de diamètre ; les 1.300 autres mètres sont représentés par 16 segments de conduite creusés dans le rocher même.

La conduite débouche dans un réservoir en briques, puis l'eau passe dans une nouvelle canalisation de 0 m. 394 de diamètre, qui l'amène au niveau du fleuve Katabira, en parcourant 14 kilomètres, 2 avec une pente de 1/377.

L'aqueduc débouche dans une citerne circulaire en briques. Un tuyau fait ensuite passer l'eau par des filtres constitués par 76 centimètres de sable quartzeux, surmontés de 24 centimètres de gravier de 4 grosseurs et 2 couches de tuiles plates. Ces tuiles constituent des drains

parallèles transversaux au fond du filtre et débouchant dans un drain longitudinal creusé dans ce fond.

Les filtres et réservoirs ont résisté aux tremblements de terre, si fréquents au Japon.

Cette distribution d'eau sert à 110.000 habitants. 269 bornes-fontaines, espacées d'environ 90 mètres, alimentent les rues. Les prises d'eau d'incendie alternent avec les bornes-fontaines.

CHAPITRE IX

ÉTAT SANITAIRE ET MORTALITÉ

Une des preuves les plus convaincantes qu'on puisse donner de l'efficacité des mesures d'hygiène préconisées au cours de notre livre (1), c'est l'influence qu'ont eue, dans les différents pays, sur l'état sanitaire de la population, les divers régimes d'alimentation des eaux et d'évacuation des matières usées.

La mortalité moyenne, en 1892-96, a été la suivante :

	Pour 1,000 habitants.		Pour 1,000 habitants.
Hongrie..........	33,3	Suisse..........	20,0
Espagne........	30,0	Hollande........	19,6
Autriche.........	28,0	Danemark	19,4
Italie..............	25,7	Irlande..........	18,5
Allemagne (2)......	23,0	Ecosse........	18,4
France............	22,0	Angleterre........	18,0
Finlande..........	22,0	Suède et Norvège...	17,0
Belgique..........	20,0	Australie..........	13,2

D'après d'autres statistiques, par suite de l'application, puis de l'extension du système du « tout à l'égout », de l'adduction d'eaux plus potables et d'autres mesures de

(1) Voir aussi : L.-A. Barré et Paul Barré fils, *le Génie sanitaire*, t. II : *la Maison salubre*. Paris 1897.

(2) En Bavière, la mortalité va jusqu'à 28 pour 1.000 habitants.

salubrité, la mortalité moyenne en Angleterre, qui était de 35 pour 1000 habitants en 1846, s'est abaissée à 20 en 1875-80 et à 17,85 en 1889. Dans certaines villes anglaises même, la mortalité n'était plus que de 9 pour 1000 habitants en 1890.

Le maximum des décès en Europe se constate en Croatie (Autriche-Hongrie), où l'on en compte environ 38 pour 1.000 habitants par an.

Les chiffres suivants, qui indiquent la mortalité annuelle durant ces dernières années, sont un enseignement, car les villes où la mortalité est la plus élevée sont celles où les principes de l'hygiène ont été le plus négligés.

	Pour 1,000 habitants.		Pour 1,000 habitants.
Madras	35 décès	Rome	24
Madrid	30 à 35	Liège	22,8
Le Caire	34,8	New-York	22,3
Rouen	33,6	Liverpool, Prague	22
Toulon	31 à 33	Bruxelles, Lyon	22
LeHavre, Marseille	32	Bombay, Calcutta	20 à 22
Venise	31,5	Philadelphie	21,9
Munich	30,2	Washington (1)	21
Bastia	30	Paris	20 à 21
Nouvelle-Orléans	28,7	Copenhague	20,7
Brest, Reims	28	Berlin, Christiania	20,7
Vienne (Autriche)	28	Amsterdam	19,2
Manchester	27,2	Londres (2)	19
Cette	27	Guéret (Creuse)	18 à 19
Toulouse	26,6	Chicago	18,9
Anvers	26,1	Birmingham	18,5
Glasgow	25,9	Francfort-sur-Mein	18,3
Dublin	25,5	Stockholm	18
St-Pétersbourg	24,7	Minneapolis (E.-U.)	9,6

(1) La mortalité, à Washington, était de 30 pour 1.000 habitants avant l'exécution des travaux d'assainissement.

(2) De 1875 à 1890, par suite des travaux d'assainissement, la mortalité annuelle à Londres s'est abaissée de 22,19 à 19 pour 1.000 hab.

Pour Paris, les nombreux travaux d'assainissement réalisés depuis plusieurs années ont déjà abaissé beaucoup la mortalité moyenne et surtout celle des maladies épidémiques ou transmissibles. Le nombre des décès, qui, en 1880, était, à Paris, de 55.706 soit 25,37 pour 1000 habitants, n'était plus, en 1891, que de 52.262 soit 21,65 pour 1000 habitants. En 1894, la proportion n'est même plus que de 20 pour 1000.

Comme l'a fait remarquer M. Poubelle, ancien préfet de la Seine, la réduction de la mortalité « peut résulter des progrès de l'hygiène individuelle dépendant du développement de l'instruction, qui porte l'homme plus éclairé à mieux veiller sur son hygiène personnelle. Elle dépend certainement aussi de l'action qu'exerce l'administration sur la salubrité de l'habitation et sur l'assainissement de la ville. Pour s'en convaincre, il suffit de constater que la mortalité est toujours plus élevée dans les quartiers et dans les maisons insalubres, mal aérées, malpropres ».

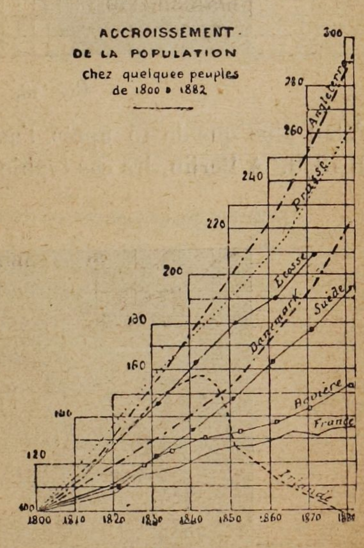


Fig. 77.

En ce qui concerne la fièvre typhoïde seule, la mortalité par cette maladie, qui est encore de 70 à 75 pour 100.000 habitants à Paris, n'est plus que de 25 pour 100.000 à Londres, et est presque nulle à Francfort-sur-le-Mein, par

suite de la qualité et de la quantité différente d'eau potable donnée aux habitants. A Dantzig, la mortalité par la fièvre typhoïde, qui était de 99 pour 100.000 hab. en 1872,

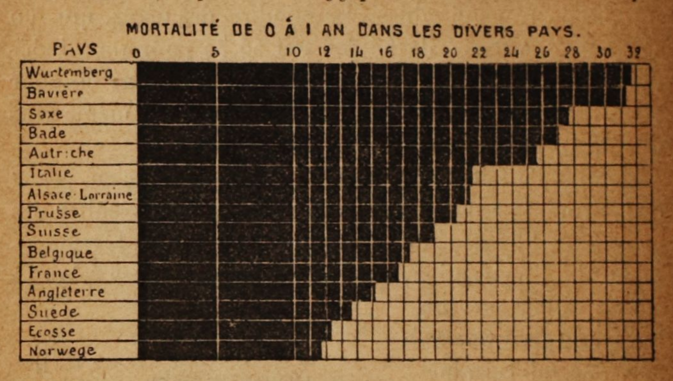


Fig. 78.

n'était plus que de 15 après l'assainissement de la ville, en 1878. A Berlin, les cas typhiques dans les maisons où

EXCÉDANT DES NAISSANCES SUR LES DÉCÈS CHEZ DIVERS PEUPLES

PAYS
0 5 10 15 20 25 30 35 40
Saxe
Hongrie
Emp^re allemand
Bavière
Autriche
Prusse
Italie
Espagne
Hollande
Angleterre
Ecosse
Finlande
Belgique
Danemarck
Suisse
Suède
Norwege
Roumanie
Grece
Irlande
France

Fig. 79.

le « tout à l'égout » est appliqué n'étaient que de 1 ou 2, contre 6 à 11 dans les maisons non canalisées.

Pour la diphtérie, Paris compte 75 décès sur 100.000 hab. contre 18 seulement à Londres.

Comme complément aux considérations qui précèdent, nous reproduisons ici quelques graphiques, dus à M. E. Cheysson (1), relatifs aux mouvements de la population dans les divers pays. Le fait principal mis en lumière dans ce travail est l'infériorité de la France, dont le taux d'accroissement est très au-dessous de celui de ses rivales ; ce taux s'est encore abaissé, d'ailleurs, depuis que cette étude a été faite.

La fig. 77 montre l'accroissement comparatif de la population de quelques états européens.

La fig. 78 indique la mortalité des enfants de moins d'une année dans divers pays, ce qui fait voir qu'à ce point de vue beaucoup d'autres pays sont dans une situation moins bonne que nous.

La fig. 79 représente l'excédent des naissances sur les décès chez les mêmes peuples ; les décès sont figurés par des teintes noires et l'excédent des naissances par des surfaces grises.

Enfin, la fig. 80 montre les progrès de la population urbaine en France et la restriction de la population rurale.

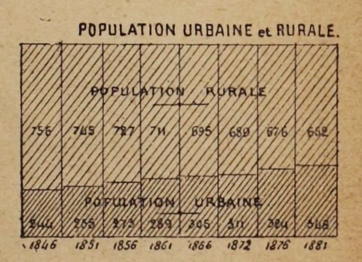


Fig. 80.

Nous pouvons dire qu'avec une sage politique d'expansion coloniale, avec certaines mesures législatives, une bonne éducation morale et une hygiène de plus en plus complète, nous

(1) E. Cheysson, *la Question de la population en France et à l'étranger.* (*Annales d'hygiène*, nov. et décemb. 1884).

pourrions peut-être arriver à relever la natalité de la race française, si compromise actuellement.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons conclure sans hésitation que, dans les grandes agglomérations modernes, la qualité et la quantité de l'eau, l'assainissement rationnel de la maison et de la rue, la propreté corporelle, en un mot l'hygiène appliquée partout et sans cesse est la condition *sine qua non* du développement de l'humanité, car le progrès logique ne peut être réalisé que par les races fortes et saines.



FIN DU TOME PREMIER

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

DU TOME PREMIER :

LA VILLE SALUBRE

La table alphabétique détaillée des matières se trouve à la fin du tome II : *la Maison Salubre.*

Poitiers, Imprimerie BLAIS et ROY, rue Victor-Hugo,